Zweiter Theil.

Erster Brief.

Erläuterungen über die Natur der Farben.

Ich kann nicht in Abrede stellen, daß die Gedanken über die Farben, welche ich früher * Ew. Hoheit auseinander zu setzen die Ehre hatte, noch weit von dem Grade der Klarheit entfernt sind, auf welchen ich sie zu bringen wünschte. Dieser Stoff war zu allen Zeiten eine Klippe für die Philosophen, und ich könnte mir nicht schmeicheln, daß ich alle Schwierigkeiten aus dem Wege zu räumen vermöge. Indessen hoffe ich, daß die Erläuterungen, welche ich nun auseinander setzen will, einen guten Theil derselben heben werden.

Die alten Philosophen zählten die Farben unter jene Körpereigenschaften, von denen wir nur den Namen kennen. Wenn man sie fragte: warum dieser oder jener Körper z. B. roth sey, so antworteten sie: daß dieses von einer rothmachenden Kraft herkomme. Ew. Hoheit sehen leicht ein, daß man durch diesen Grund nicht weiter gekommen war, und daß man ebenso gut hätte frischweg seine Unkunde über den fraglichen Gegenstand eingestehen können.

Descartes, welcher zuerst den Muth hatte, die Geheimnisse der Natur zu ergründen, schrieb die Farben einer gewissen Mischung von Licht und Schatten zu. Da aber der Schatten nichts Anderes ist, als ein Mangel an Licht, weil Schatten überall da ist, wo das Licht nicht hindringen kann, so sieht man wohl, daß Licht, gemischt mit einem Mangel an Licht, nie die verschiedenen Farben, welche wir an den Körpern bemerken, hervorbringen kann.

Wie bekannt sehen wir nur durch die Strahlen, welche in

* Brief 27, 28—31 des ersten Theils.

unsere Augen dringen, und es müssen also wohl die Strahlen, welche in unsern Augen die Empfindung Roth hervorrufen, anderer Art seyn, als jene, welche in uns die Empfindung anderer Farben bewirken; und man begreift also wohl, daß jede Farbe an eine gewisse Eigenschaft der Strahlen, welche unsern Gesichtssinn treffen, geknüpft ist. Ein Körper erscheint uns z. B. roth, weil die Strahlen, welche er aussendet, von der Art sind, daß sie in unsern Augen die Empfindung der rothen Farbe hervorrufen.

Alles kommt demnach darauf an, diesen Unterschied unter den Strahlen, welcher bewirkt, daß die einen in uns die Empfindung Roth, die andern jene der übrigen Farben hervorrufen, zu ergründen. Es müssen wohl bedeutende Unterschiede zwischen den Lichtstrahlen vorhanden seyn, da sie so verschiedene Empfindungen in unsern Augen bewirken können. Aber worin kann dieser Unterschied liegen? Das ist eben die große Frage, auf welche nun unsere Untersuchung gerichtet seyn muß.

Der erste Unterschied, den wir zwischen den Strahlen bemerken, ist der, daß die einen stärker sind als die andern. Es ist kein Zweifel, daß die Strahlen der Sonne oder eines andern sehr glänzenden oder sehr beleuchteten Körpers viel stärker seyen, als jene, welche von einem wenig erleuchteten oder schwach leuchtenden Körper kommen; unsere Augen werden auch gewiß von beiden sehr verschieden angeregt.

Man könnte daher vermuthen, daß die verschiedenen Farben von der Stärke der Strahlen abhängen, so daß die stärkern Strahlen z. B. die rothe Farbe hervorbrächten, die weniger starken die gelbe, und so fort, die grüne, die blaue.

Aber nichts ist leichter als diesen Gedanken zu widerlegen; denn wir wissen aus Erfahrung, daß derselbe Körper immer in derselben Farbe erscheint, er mag mehr oder weniger erleuchtet oder die Strahlen, welche von ihm ausgehen, mögen mehr oder weniger stark seyn. Ein rother Körper z. B. erscheint immer roth, er mag dem glänzendsten Sonnenlichte ausgesetzt seyn oder sich in einem dunkeln Raume befinden, wo die Strahlen doch gewiß sehr schwach sind. In der verschiedenen Stärke der Strahlen haben wir also die Ursache der verschiedenen Farben nicht zu suchen, und dieselbe Farbe kann durch sehr starke so gut, als durch sehr schwache Strahlen hervorgerufen werden. Der schwächste

Schimmer läßt uns nicht minder den Unterschied der Farben erkennen, als die vollkommenste Helligkeit.

Es muß also durchaus zwischen den Strahlen noch einen andern Unterschied geben, welcher ihre Art bezüglich der Farben bestimmt. Aber um diesen Unterschied aufzufinden, dazu wird nach dem eigenen Urtheile Ew. Hoheit erforderlich seyn, daß man die Natur und den Ursprung der Strahlen, oder besser dessen, was in unser Auge einzudringen und dort die Empfindung der Farbe hervorzurufen vermag, genauer kenne. Letztere Beschreibung oder Begriffsbestimmung eines Lichtstrahles ist ohne Zweifel die richtigste, denn ein Lichtstrahl ist nichts Anderes, als das, was durch das Sehloch, wie ich soeben sagte, in das Auge dringt und dort die Empfindung hervorruft.

Ich habe schon die Ehre gehabt, Ew. Hoheit zu sagen, daß es nur zwei Systeme oder Theorien über Natur und Ursprung des Lichtes gebe. Die eine ist von Newton und behauptet, daß die Lichtstrahlen wirkliche Ausströmungen aus der Sonne und den übrigen leuchtenden Körpern seyen; die andere ist jene, welche ich Ew. Hoheit bereits früher zu beweisen suchte, und als deren Urheber man mich betrachtet, obgleich andere vor mir ohngefähr dieselben Ansichten hatten. Vielleicht ist es mir gelungen, sie fester zu begründen. Es wird demnach gut seyn, nach beiden Systemen zu zeigen, auf welches Prinzip man den Unterschied der Farben gründen könnte.

Nach dem Systeme der wirklichen Ausströmung, wo man annimmt, die Strahlen gehen von den leuchtenden Körpern aus, wie Wasserstrahlen, welche nach allen Seiten ausgesendet werden, behauptet man, daß die ausgesendeten Lichttheilchen entweder von verschiedener Größe, oder von verschiedenem Stoffe seyn müssen, so wie ein Springbrunnen Wein, Oel und andere Flüssigkeiten ausspritzen könnte, und es wären demnach die verschiedenen Farben hervorgebracht durch die Verschiedenheit der feinen Stoffe, welche von dem leuchtenden Körper ausgestrahlt werden. Die eine feine Materie, welche der leuchtende Körper aussendet, wäre also die rothe Farbe, eine andere die gelbe u. s. f.

Diese Erklärung zeigte deutlich genug den Ursprung der verschiedenen Farben, wenn nur das System selbst überhaupt bestehen könnte. Mit nächster Post werde ich die Ehre haben, mit Ew. Hoheit umständlicher darüber zu reden. Den 2. Juni 1761.

Zweiter Brief.

Betrachtungen über die Aehnlichkeit zwischen den Farben und den Tönen.

Ew. Hoheit werden sich wohl noch der Gründe erinnern, mit welchen ich das Ausströmungssystem * bekämpfte, und welche mir stark genug schienen, um dieses System aus der Naturlehre zu verdrängen. Auch ist es mir gelungen, mehrere Naturforscher von der Richtigkeit meiner Ansicht zu überzeugen, und sie waren von derselben in hohem Grade befriedigt.

Die Lichtstrahlen sind also keine wirkliche Ausströmung aus der Sonne oder andern leuchtenden Körpern, und sie bestehen nicht aus einer feinen, von der Sonne ausgesendeten Materie, welche bis zu uns gelangt mit jener furchtbaren Geschwindigkeit, über welche Ew. Hoheit mit Recht erstaunt sind. Es wäre in der That eine furchtbar schnelle Strömung, wenn die Lichtstrahlen in weniger als acht Minuten von der Sonne bis zu uns kämen, und der Sonnenkörper, wäre er auch noch so groß, müßte dadurch bald erschöpft werden.

Nach meinem Systeme sind die Strahlen, welche wir empfinden, nie in der Sonne gewesen; sie bestehen lediglich nur aus den uns umgebenden Aethertheilchen, die sich in einer schwingenden Bewegung befinden, welche ihnen durch eine ähnliche Bewegung der Sonne selbst mitgetheilt wurde, ohne daß sie dabei merklich ihre Stelle wechseln.

Diese Fortpflanzung des Lichtes findet auf eine ähnliche Weise statt, wie jene des Schalles von den tönenden Körpern aus. Wenn Ew. Hoheit den Klang einer Glocke vernehmen, so geschieht es gewiß nicht dadurch, daß die Glocke Theilchen von sich aussendet, welche in Ihr Ohr gelangen; man braucht die tönende Glocke nur zu berühren, um sich zu überzeugen, daß alle ihre Theile sehr merklich erzittern. Diese Bewegung theilt sich alsbald den entfernteren Lufttheilchen mit, so daß alle Theilchen der Luft nach und nach in eine ähnliche zitternde Bewegung versetzt werden, welche, indem sie in unser Ohr dringt, dort die Empfindung eines Tones hervorruft. Die Saiten eines musikalischen Instruments lassen hierüber keinen Zweifel übrig, denn man sieht sie zittern oder hin- und hergehen, und man kann

* Brief 17, 18, 19 des ersten Theils.

selbst die Zahl berechnen, wie vielmal eine Saite in einer Sekunde hin- und hergeht; da aber eine ähnliche Bewegung den unser Ohr umgebenden Lufttheilchen mitgetheilt wird, so wird unser Ohr genau ebenso vielmal davon getroffen, und die Wahrnehmung dieser Erzitterung ist es, welche die Art des empfundenen Schalles bestimmt. Je größer die Zahl der Schwingungen ist, welche eine Saite in einer Sekunde vollführt, desto höher ist der Ton, während weniger häufige Schwingungen tiefere Töne hervorbringen.

Alle Umstände, welche die Empfindung des Hörens begleiten, finden sich in vollkommen ähnlicher Weise bei der Empfindung des Sehens, nur das Mittel, welches schwingt, und die Häufigkeit der Schwingungen ist verschieden. Beim Schalle ist es die Luft, durch welche die Schwingungen des tönenden Körpers fortgepflanzt werden, beim Lichte aber der Aether, oder jenes unendlich feinere und elastischere Mittel, welches überall sich befindet, wo die Luft und die gröbern Körper Zwischenräume übrig lassen.

So oft demnach dieser Aether in Schwingungen oder Bebungen versetzt wird und diese in ein Auge fortgepflanzt werden, erregen sie die Empfindung des Sehens, welche nichts anderes ist, als eine ähnliche Erbebung der feinsten Nervenfäserchen im Grunde des Auges. Ew. Hoheit begreifen nun leicht, daß diese Empfindung verschieden seyn muß, je nach der Häufigkeit dieser Bebungen, d. h. je nachdem die Zahl der Schwingungen in einer Sekunde größer oder kleiner ist. Es muß ein ähnlicher Unterschied entstehen wie beim Schalle, wenn bei diesem die Zahl der Schwingungen in einer Sekunde mehr oder weniger groß ist. Für diesen Unterschied ist unser Ohr sehr empfindlich, weil die Höhe und Tiefe der Töne davon abhängt. Ew. Hoheit werden sich erinnern, daß der Ton C des Klaviers ohngefähr 100 Schwingungen in einer Sekunde macht; D aber 112, E 125, F 133, G 150, A 166, H 187 und c 200; so hängt die verschiedene Natur der Töne von der Zahl der Schwingungen ab, welche in einer Sekunde vollführt werden.

Es ist demnach gar kein Zweifel, daß der Gesichtssinn nicht ebenso verschiedenartig angeregt werde, je nachdem die Zahl der Schwingungen, in welche die Nervenfäserchen im Grunde des Auges versetzt werden, größer oder kleiner ist. Wenn diese Fäserchen 1000 Mal in einer Sekunde erzittern, so muß die

Empfindung eine ganz andere seyn, als wenn dieses 1200 oder 1500 Mal in derselben Zeit stattfindet.

Es ist freilich wahr, daß unser Gesichtsorgan nicht im Stande ist, diese großen Zahlen zu zählen, so wenig als unser Ohr die Schwingungen zählt, welche einen Schall hervorbringen, aber wir können immerhin das Mehr und das Weniger sehr wohl unterscheiden.

In diesem Unterschiede also muß man die Ursache der Farben suchen, und es ist gewiß, daß jede Farbe einer bestimmten Zahl von Schwingungen, welche die Nervenfäserchen in unserm Auge in einer Sekunde treffen, entspricht, obwohl wir noch nicht im Stande sind, die jeder Farbe zukommende Zahl zu bestimmen, wie wir dieses beim Schalle vermögen.

Es hat viele Untersuchungen erfordert, bis wir im Stande waren, die Zahl der Schwingungen aller Töne des Klaviers zu bestimmen, wenn man gleich wußte, daß aller Unterschied dieser Töne von dem Unterschiede dieser Zahlen herrühre. Wir müssen uns also begnügen zu wissen, daß der Unterschied der Farben sich auf den Unterschied der Zahlen der Schwingungen gründet, welche sich in den Lichtstrahlen finden; unsere Kenntniß hat dabei immer einen ansehnlichen Fortschritt gemacht, weil wir nun wissen, welch' schöne Uebereinstimmung zwischen den verschiedenen Tönen des Klaviers und den verschiedenen Farben obwaltet.

Ueberhaupt bemerkt man eine so bewundernswerthe Aehnlichkeit zwischen den Gegenständen des Gesichts und Gehörs, daß die einen zur Erläuterung der andern dienen können. Gerade diese Aehnlichkeit aber ist es auch, welche die schlagendsten Beweise für mein System liefert. Allein ich werde mir die Ehre geben, meine Ansicht über die Farben noch besonders durch gründlichere Beweise zu unterstützen, welche dieselbe außer allem Zweifel setzen werden.

Den 6. Juni 1761.

Dritter Brief.

Fortsetzung dieser Betrachtungen.

Nichts ist geeigneter, uns über die Natur des Sehens aufzuklären, als die schöne Uebereinstimmung, welche man beinahe überall zwischen dem Sehen und Hören bemerkt. Was in Bezug auf das Gehör die verschiedenen Töne der Musik sind, das

sind für das Auge die verschiedenen Farben. Die verschiedenen Farben unterscheiden sich von einander auf dieselbe Weise, wie die verschieden hohen Töne. Allein wir wissen, daß die Höhe der Töne von der Zahl der Schwingungen abhängt, welche das Ohr in einer gewissen Zeit treffen, und daß die Art eines Tones bestimmt wird durch eine gewisse Zahl, welche die in einer Sekunde vollbrachten Schwingungen bezeichnet; hieraus schließe ich nun, daß jede Farbe ebenfalls an eine gewisse Zahl von Schwingungen, welche auf unsern Gesichtssinn wirken, geknüpft ist.

Nur hierin ist der Unterschied, daß die Schwingungen, welche die Töne hervorbringen, in der mehr körperlichen Luft ihren Sitz haben, während die Schwingungen des Lichts und der Farben durch ein unendlich feineres und elastischeres Mittel fortgepflanzt werden, als die Luft ist. Dasselbe gilt von den Gegenständen beider Sinne. Gegenstand des Gehörs sind alle Körper, welche einen Schall hervorbringen können, d. h. jene, welche einer schwingenden oder zitternden Bewegung fähig sind, die sich der Luft mittheilt und dann in unserm Ohre die Empfindung eines der Häufigkeit der Schwingungen entsprechenden Tones hervorbringt.

Solche sind die musikalischen Instrumente, und man legt, um bei dem Klaviere zu bleiben, jeder Saite einen gewissen Ton bei, den sie gibt, wenn man sie anschlägt; so nennt man die eine C=Saite, die andere D=Saite u. s. w. Eine Saite heißt C=Saite, wenn ihre Spannung und Structur so ist, daß sie angeschlagen ohngefähr 100 Schwingungen in der Sekunde macht, und wenn sie mehr oder weniger machte, so würde sie den Namen eines andern, höhern oder tiefern Tones führen.

Ew. Hoheit erinnern sich, daß der Ton einer Saite von folgenden drei Umständen abhängt, 1) von ihrer Länge, 2) von ihrer Dicke und 3) von ihrer Spannung, und je stärker sie gespannt ist, desto höher ist ihr Ton. So lange eine Saite in diesen drei Beziehungen unverändert bleibt, behält sie auch denselben Ton, und sowie eine Veränderung eintritt, ändert sich auch dieser.

Wenden wir nun dieses auf die Körper an, insofern sie Gegenstände unseres Sehens sind. Die kleinsten Theilchen des Gewebes ihrer Oberfläche können als gespannte Saiten betrachtet werden, insofern sie einen gewissen Grad von Elasticität und Masse haben, so daß sie bei entsprechendem Anschlagen hiedurch

eine schwingende Bewegung erhalten und eine bestimmte Zahl Schwingungen in der Sekunde vollführen. Diese Zahl nun ist es, von der die Farbe abhängt, die wir dem Körper beilegen.

Darum ist ein Körper roth, wenn die Theilchen seiner Oberfläche eine solche Spannung haben, daß sie erschüttert genau so viele Schwingungen in einer Sekunde machen, als erforderlich sind, um in uns die Empfindung der rothen Farbe hervorzurufen. Ein anderer Grad von Spannung, welcher mehr oder weniger häufige Schwingungen bedingen würde, würde auch die Empfindung einer andern Farbe hervorrufen, und der Körper wäre dann gelb, oder grün, oder blau u. s. f.

Wir sind noch nicht dahin gelangt, um die Zahl der Schwingungen zu bestimmen, welche das Wesen jeder Farbe ausmachen; ja wir wissen noch nicht einmal, welche Farben eine größere oder geringere Häufigkeit der Schwingungen erfordern, oder, was dasselbe ist, welche Farben den tiefen, und welche den hohen Tönen entsprechen. Aber es reicht hin zu wissen, daß jede Farbe an eine gewisse Zahl von Schwingungen geknüpft ist, wenn wir die Zahl selbst auch nicht kennen, und daß man nur die Spannung oder die Elasticität der kleinsten die Oberfläche eines Körpers bekleidenden Theilchen zu ändern brauche, um seine Farbe zu ändern.

So sehen wir, daß die schönsten Farben der Blumen sich sehr bald ändern und verschwinden. Die Ursache hievon liegt offenbar im Mangel an Nahrungssaft, wodurch die kleinsten Theilchen ihre Fülle und Spannung verlieren. Eine ähnliche Ursache findet sich auch bei allen andern Farbenänderungen.

Nehmen wir, um dieses deutlicher zu machen, an, daß die Empfindung Roth eine solche Raschheit der Schwingungen erfordere, daß deren 1000 auf die Sekunde kommen, daß Pomeranzengelb 1125, Gelb 1250, Grün 1333, Blau 1500 und Veilchenblau 1666 erfordere; denn wenn diese Zahlen auch wohl ohne Zweifel unrichtig sind, so schadet das meiner Absicht nicht. Alles, was ich nämlich von diesen falschen Zahlen sagen werde, wird sich auf gleiche Weise auch von den wahren sagen lassen, wenn sie einmal gefunden seyn werden.

Dieses vorausgesetzt, wird ein Körper roth seyn, wenn sich die kleinsten Theilchen seiner Oberfläche in einem solchen Zustande befinden, daß sie 1000 Schwingungen in der Sekunde vollführen können; ein anderer Körper wird pomeranzengelb seyn,

wenn seine Theilchen im Stande sind, 1225 Schwingungen zu machen u. s. f. Daraus wird man ersehen, daß es zwischen den sechs Hauptfarben, welche ich soeben aufzählte, eine Unzahl von mittleren Farben geben müsse, und daß ferner ein Körper, dessen erschütterte Theilchen 1400 Schwingungen in der Sekunde zu machen vermöchten, eine zwischen Grün und Blau fallende Farbe haben müßte, weil Grün der Zahl 1333 und Blau 1500 entspricht.

So ist unsere Kenntniß von den Farben ungemein viel vollkommner, als die der Menge, und selbst vollkommner, als die der Philosophen, von welchen jene, die sich als die hellsehendsten rühmten, sich sogar dahin verirrten, die Farben als bloße Vorstellungen anzusehen und ihnen alle Realität abzusprechen.

Den 9. Juni 1761.

Vierter Brief.

Ueber die Frage: auf welche Weise werden uns die dunkeln Körper sichtbar?

Ew. Hoheit werden bei der von mir soeben entwickelten Vorstellung von den gefärbten Körpern keinerlei Schwierigkeit finden. Die kleinsten Theilchen, welche die Oberfläche aller Körper überziehen, besitzen immer einen gewissen Grad von Elasticität, welche sie zu einer schwingenden Bewegung befähigt, ähnlich einer Saite, welche auch stets eines gewissen Tones fähig ist. Die Zahl der Schwingungen nun, welche diese Theilchen in einer Sekunde zu vollführen vermögen, bestimmt die Art der Farbe.

Sind die Theilchen der Oberfläche zu schlaff, um eine solche Bewegung annehmen zu können, so erscheint der Körper schwarz, weil die Schwärze nichts Anderes ist, als ein Mangel an Licht, und weil alle Körper, von welchen kein Licht in unsere Augen kommt, uns schwarz erscheinen.

Ich komme nun an eine sehr wichtige Frage, über welche Ew. Hoheit wohl noch einige Zweifel haben dürften; man fragt nämlich, wodurch denn jene Theilchen, in welchen die Farbe der Körper ihren Sitz hat, erschüttert werden, um jene schwingende Bewegung zu erhalten, die nachher Strahlen von derselben Farbe bewirkt.

In der That kommt Alles darauf an, diese Ursache der Bewegung aufzufinden; denn sobald die erwähnten Theilchen in

Schwingung versetzt sind, wird zuerst der durch die Luft verbreitete Aether in ähnliche Schwingungen versetzt werden, welche, fortgepflanzt in unser Auge, hier das sind, was wir Strahlen nennen, wodurch dann das Sehen bewirkt wird.

Vorerst will ich erwähnen, daß die Theilchen der Körper nicht durch sich selbst in Bewegung gesetzt werden, sondern daß hiezu eine äußere Kraft erforderlich ist; gerade wie eine gespannte Saite stets in Ruhe bleiben würde, wenn sie nicht durch irgend eine Kraft gerührt würde. Dieses ist denn auch der Zustand, in dem sich alle Körper während der Nacht oder im Finstern befinden; denn, daß wir sie nicht sehen, ist ein sicheres Zeichen dafür, daß sie keine Strahlen hervorrufen und ihre Theile in Ruhe sind, d. h. daß Nachts oder im Finstern die Körper sich in demselben Falle befinden, wie die Saiten eines Instruments, welches nicht gespielt wird oder keinen Ton gibt, während sichtbare Körper mit Saiten zu vergleichen sind, welche wirklich tönen.

Da nun die Körper sichtbar werden, sobald sie erleuchtet sind, oder die Strahlen der Sonne oder eines andern leuchtenden Körpers darauf fallen, so muß auch dieselbe Ursache, welche sie erleuchtet, ihre kleinsten Theilchen in jene schwingende Bewegung versetzen, welche geeignet ist, Strahlen hervorzurufen und in unserm Auge die Empfindung des Sehens zu bewirken. Die Lichtstrahlen sind es also, welche, auf einen Körper fallend, die kleinsten Theilchen erschüttern, um sie sichtbar zu machen.

Es erscheint dieses zwar anfänglich sehr auffallend, da wir auch nicht den geringsten Eindruck bemerken, wenn unsere Hände dem stärksten Sonnenlichte ausgesetzt sind. Allein es ist zu bedenken, daß unser Tastsinn für so zarte und leichte Eindrücke zu unempfindlich ist, während der Gesichtssinn, als unvergleichlich zarter, davon lebhaft gerührt wird. Dieses beweiset unumstößlich, daß die Lichtstrahlen, wenn sie auf einen Körper fallen, hinlänglich Kraft besitzen, um auf seine kleinsten Theilchen so zu wirken, daß sie erzittern. Und dieses ist gerade die Einwirkung, wodurch ich erklären kann, wie die Körper, wenn sie erleuchtet sind, in den Stand gesetzt werden, nun selbst Strahlen hervorzurufen, und uns dann dadurch sichtbar zu werden. Es reicht dazu hin, daß die Körper einem fremden Lichte ausgesetzt werden, damit ihre kleinsten Theilchen dadurch bewegt und so in den Stand gesetzt werden, nun selbst Strahlen hervorzurufen, welche sie uns sichtbar machen.

Die schöne Uebereinstimmung zwischen Gehör und Gesicht macht diese Erklärung im höchsten Grade gewiß. Man braucht nur ein Klavier einem lauten Geräusche auszusetzen, und man wird nicht nur seine Saiten erzittern sehen, sondern man wird auch den Ton einer jeden beinahe ebenso hören, als wenn sie wirklich angeschlagen worden wäre. Der Hergang dieser Erscheinung ist auch leicht zu begreifen, sobald man weiß, daß eine angeschlagene Saite im Stande ist, der Luft eine ähnliche schwingende Bewegung mitzutheilen, welche, zum Ohre fortgepflanzt, dort die Empfindung eines Tones hervorruft, den dieselbe Saite angibt.

So wie aber eine Saite in der Luft eine solche Bewegung hervorruft, so muß auch umgekehrt eine solche Bewegung im Stande seyn, auf die Saite einzuwirken und sie erzittern zu machen. Da es nun gewiß ist, daß ein Schall im Stande ist, die Saiten eines Klaviers in Bewegung zu setzen und sie ertönen zu machen, so muß auch derselbe Hergang bei den Gegenständen des Sehenden stattfinden.

Die gefärbten Körper sind den Saiten eines Klaviers ähnlich, und die verschiedenen Farben den verschiedenen Tönen in Bezug auf Höhe und Tiefe. Das Licht, welches diese Körper erleuchtet, ist dem Geräusche ähnlich, dem das Klavier ausgesetzt ist; und so wie das Geräusch auf die Saiten wirkt, so wird in ähnlicher Weise das Licht, welches einen Körper erleuchtet, auf die kleinsten Theilchen seiner Oberfläche wirken, und indem es sie in Schwingungen versetzt, dadurch Strahlen hervorrufen, gerade als wenn diese Theilchen selbstleuchtend wären; da das Licht ja nichts Anderes ist als die schwingende Bewegung der kleinsten Theilchen, mitgetheilt an den Aether, welcher sie sodann bis in das Auge fortpflanzt.

Nach diesen Erläuterungen sollten meiner Meinung nach alle Zweifel schwinden, welche Ew. Hoheit gegen meine Theorie der Farben hätten haben können. Wenigstens schmeichle ich mir, ebensowohl den wahren Grund der Verschiedenheit in den Farben aufgestellt als erklärt zu haben, wie diese Farben lediglich durch das Licht, welches die Körper erhellt, uns sichtbar werden; es müßten denn nur die Zweifel irgend einen Punkt betreffen, den ich nicht berührt habe.

Den 13. Juni 1761.

Fünfter Brief.

Ueber das Wunderbare der menschlichen Stimme.

Als ich mir die Ehre gab, Ew. Hoheit die Theorie der Töne zu erläutern, berücksichtigte ich an ihnen nur zweierlei Verschiedenheiten. Die erste betraf die Stärke der Töne, wobei ich darauf aufmerksam machte, daß ein Ton um so stärker seye, je heftiger die durch ihn in der Luft hervorgerufenen Schwingungen sind. So ist der Knall einer Kanone oder der Ton einer Glocke stärker, als der Ton einer Saite oder die menschliche Stimme.

Die zweite Verschiedenheit ist von dieser ersten gänzlich unabhängig und bezieht sich auf die Höhe und Tiefe der Töne. In Bezug auf diesen Unterschied bemerkte ich, daß er von der Zahl der Schwingungen abhänge, welche in einer gewissen Zeit, z. B. in einer Sekunde, vollführt werden; so daß ein Ton um so höher ist, je größer, und um so tiefer, je kleiner diese Zahl ist.

Ew. Hoheit sehen ein, daß derselbe Ton stark oder schwach seyn kann, und man weiß auch, daß das forte und das piano in der Musik nichts an der Natur der Töne ändert. Von einem guten Klaviere verlangt man, daß alle Töne nahezu dieselbe Stärke haben, und es ist immerhin ein großer Fehler, wenn einige Saiten stärker klingen, als andere. Die Höhe und Tiefe bezieht sich jedoch nur auf die einfachen Töne, deren Schwingungen sich regelmäßig und in gleichen Zwischenzeiten folgen, und man bedient sich in der Musik auch nur dieser sogenannten einfachen Töne. Die Accorde, die man daselbst anwendet, sind zusammengesetzte Töne, oder eine Verbindung mehrerer zugleich hervorgebrachter Töne, deren Schwingungen in einem gewissen Verhältnisse stehen müssen, welches die Grundlage der Harmonie ist. Wenn wir aber bei den Schwingungen eines Schalles keine Regelmäßigkeit wahrnehmen, so ist er ein verirrtes Geräusch, von dem man nicht sagen kann, mit welchem Tone des Klaviers es im Einklange steht, wie z. B. vom Knalle einer Kanone oder einer Flinte.

Allein auch bei den einfachen Tönen findet sich noch ein Unterschied, welcher, wie es scheint, bis jetzt der Aufmerksamkeit der Philosophen entgieng. Zwei Töne können nämlich gleich stark und auch mit demselben Tone des Klaviers im Einklange und dennoch für unser Ohr sehr verschieden seyn. Der Ton einer Flöte ist gänzlich verschieden von jenem eines Horns, wenn auch beide mit

demselben Tone des Klaviers übereinstimmen und gleich stark sind. So erhält jeder Ton eine gewisse Eigenthümlichkeit von dem Instrumente, welches ihn hervorbrachte, und man kann kaum sagen, worin dieselbe besteht; selbst die nämliche Saite gibt in dieser Hinsicht verschiedene Klänge, je nachdem sie angeschlagen, angestrichen oder gekneipt wird; auch können Ew. Hoheit sehr wohl die Töne des Horns, der Flöte und anderer Instrumente unterscheiden.

Die bewundernswertheste Verschiedenheit findet sich in der menschlichen Stimme, welche sich uns als das wundervollste Meisterstück des Schöpfers zeigt, ganz abgesehen sogar von den verschiedenen Articulationen, welche die Rede bilden. Geruhen Ew. Hoheit nur über die verschiedenen Selbstlauter nachzudenken, welche der Mund ganz einfach singt oder ausspricht. Spricht oder singt man den Buchstaben a, so ist der Klang ein ganz anderer, als wenn man e, o oder i, u, ä spräche oder sänge, obgleich man auf demselben Tone aushält. Man kann demnach die Ursache dieser Verschiedenheit nicht in der Häufigkeit oder Regelmäßigkeit der Schwingungen suchen; diese Ursache scheint so tiefliegend, daß die Philosophen sie bis jetzt nicht ergründen konnten.

Ew. Hoheit werden leicht bemerken, daß man für die Aussprache jener Selbstlauter die Mundhöhle verschieden gestalten muß, wozu unser Mund vorzugsweise gegen jenen aller Thiere geschickt ist. Man bemerkt auch, daß die Vögel, welche die menschliche Stimme nachahmen lernen, niemals im Stande sind, jene verschiedenen Selbstlauter bestimmt auszusprechen; in dieser Beziehung bleibt ihre Nachahmung immer nur sehr unvollkommen.

Man findet in manchen Orgeln ein Register, welches Vox humana — Menschliche Stimme — heißt; allein meist sind es nur Töne, welche den Selbstlauter ä geben. Ich zweifle zwar nicht daran, daß man nicht auch durch einige Abänderungen den Klang der übrigen Selbstlauter a, e, i, o, u hervorbringen könnte; allein all dieses würde nicht zureichen, um ein einziges Wort der menschlichen Stimme nachzuahmen; denn wie wollte man die Mitlauter beifügen, welche ebenso viele Abänderungen der Selbstlauter sind? Unser Mund ist so wunderbar eingerichtet, daß es uns, so gemein auch diese Anwendung desselben ist, dennoch kaum möglich wird, den wahren Mechanismus davon zu ergründen.

Wir kennen wohl drei Organe für die Aussprache der Mitlauter: die Lippen, die Zunge und den Gaumen; allein auch die Nase trägt dazu sehr wesentlich bei. Wenn man die Nase schließt,

so kann man die Buchstaben m und n nicht aussprechen, man hört dann nur b und d. Ein großer Beweis für das Wunderbare in dem Baue unseres Mundes, in Bezug auf seine Befähigung zur Aussprache der Wörter, liegt gewiß auch darin, daß die Geschicklichkeit der Menschen bis jetzt vergeblich versuchte, denselben durch Maschinen nachzuahmen. Den Gesang hat man zwar nachgeahmt, allein ohne Articulation und ohne Unterscheidung der verschiedenen Selbstlauter.

Es wäre wohl eine der wichtigsten Entdeckungen, wenn man eine Maschine bauen könnte, welche im Stande wäre, alle Klänge unserer Worte mit allen Articulationen nachzuahmen. Wenn man es je dahin bringen würde, eine solche Maschine auszuführen, und man im Stande wäre, sie durch Tasten, wie bei einer Orgel oder dem Klaviere, alle Worte aussprechen zu lassen, dann dürfte wohl alle Welt mit Erstaunen zuhören, wie eine Maschine ganze Sätze oder Reden vorträgt, die man mit dem schönsten Ausdrucke begleiten könnte. Prediger und Redner, deren Stimme nicht gerade angenehm ist, könnten dann ihre Reden auf einer solchen Maschine abspielen, gerade wie ein Organist Musikstücke spielt. Die Sache scheint mir nicht unmöglich.

Den 15. Juni 1761.

Sechster Brief.

Kurze Darlegung der vorzüglichsten Erscheinungen der Electricität.

Der Gegenstand, mit welchem ich Ew. Hoheit jetzt unterhalten möchte, flößt mir beinahe Furcht ein. Seine Mannigfaltigkeit ist erstaunlich, und die Aufzählung der Thatsachen verwirrt uns eher, als sie uns aufklärt. Ich meine hier die Electricität. Sie ist seit einiger Zeit ein so wichtiger Abschnitt der Naturlehre geworden, daß fürderhin kaum irgend Jemand mit ihren Wirkungen unbekannt seyn darf.

Ew. Hoheit haben ohne Zweifel schon sehr oft davon reden gehört, allein ich weiß nicht, ob Sie auch schon Versuche mit derselben anstellen sahen. Alle Naturforscher reden heutzutage mit dem größten Eifer davon, und fast täglich entdeckt man neue Erscheinungen, deren bloße Beschreibung mehrere Hunderte von Briefen füllen würde; vielleicht fände ich dabei gar kein Ende.

Darin liegt nun eben die Schwierigkeit der Sache. Ich möchte Ew. Hoheit nicht über einen so wesentlichen Theil der Naturlehre

in Unkenntniß lassen, und möchte Sie doch auch nicht langweilen durch eine breite Beschreibung aller Erscheinungen, welche zudem doch nicht diejenige Aufklärung geben würden, welche Ew. Hoheit mit Recht über diesen Gegenstand erwarten. Ich schmeichle mir übrigens, einen Weg gefunden zu haben, auf welchem ich Ew. Hoheit mit dieser verwickelten Materie bekannt zu machen hoffe, daß Sie dadurch sehr leicht eine vollkommnere Einsicht in dieselbe erlangen werden, als sie selbst die meisten Naturforscher besitzen, welche Tag und Nacht sich abmühen, diese Geheimnisse der Natur zu ergründen.

Ohne mich daher damit aufzuhalten, daß ich Ew. Hoheit all' die verschiedenen Erscheinungen und Wirkungen der Electricität auseinandersetze, was mich in viele und langweilige Einzelnheiten verwickeln müßte, bei deren Schlusse man in der Erkenntniß der Ursachen dieser Erscheinungen doch nicht vorwärts gekommen wäre, will ich den gerade entgegengesetzten Weg einschlagen und damit beginnen, daß ich Ew. Hoheit das Grundgesetz der Natur auseinandersetze, auf welchem alle diese Erscheinungen, so verschieden sie auch seyen, beruhen, und von welchem aus es leicht ist, sie alle ohne den mindesten Anstand abzuleiten.

Hiefür wird es genügen zu bemerken, daß überhaupt Electricität erregt wird, wenn man eine Glasröhre gehörig reibt, dadurch wird sie electrisch und zieht abwechselnd leichte Körper, welche ihr dargeboten werden, an und stößt sie wieder ab. Nähert man ihr andere Körper, so sieht man zwischen ihnen und der Röhre Funken hervortreten, welche, wenn sie stärker werden, Weingeist und andere brennbare Körper entzünden. Berührt man die Röhre mit dem Finger, so bemerkt man außer dem Funken einen Stich in dem Finger, der unter gewissen Umständen so bedeutend werden kann, daß man davon eine Erschütterung durch den ganzen Körper verspürt.

Anstatt einer Glasröhre bedient man sich auch einer Glaskugel, die man, wie auf einer Drehbank, um eine Axe laufen läßt. Während des Drehens reibt man die Kugel mit der Hand, oder mittelst eines angebrachten Kissens; so wird die Kugel ebenfalls electrisch und bringt dieselben Erscheinungen hervor, wie die Röhre.

Außer dem Glase haben harzige Körper, wie Siegellack und Schwefel, die Eigenschaft, durch Reiben electrisch zu werden. Allein es sind doch nur gewisse Arten von Körpern, welche durch

Reiben electrisch werden können, und unter diesen sind Glas, Siegellack und Schwefel die vorzüglichsten.

Was die übrigen Körper betrifft, so kann man sie so lange reiben, als man will, man wird doch nicht die mindeste Spur von Electricität bemerken. Allein wenn man sie den erstern, nachdem diese electrisch gemacht sind, nähert, so erlangen sie alsbald dieselbe Eigenschaft. Diese Körper werden demnach electrisch durch Mittheilung, weil die bloße Berührung, oder oft die bloße Nähe eines electrischen Körpers, sie ebenfalls electrisch macht.

Darum theilen sich alle Körper in zwei Klassen; die erste umfaßt die Körper, welche durch Reibung electrisch werden, die andere jene, welche es durch Mittheilung werden und bei welchen die Reibung keine Wirkung hervorbringt. Es ist hiebei noch merkwürdig, daß die Körper der ersten Klasse durch Mittheilung nicht electrisch werden können; denn wenn man eine stark electrisirte Röhre oder Kugel von Glas mit andern Gläsern oder solchen Körpern, die durch Reibung electrisch werden, berührt, so wird ihnen keine Electricität mitgetheilt. Darum verdient die Unterscheidung dieser beiden Klassen um so mehr unsere Aufmerksamkeit, weil die einen Körper wohl durch Reibung, aber durchaus nicht durch Mittheilung, die andern aber nur durch Mittheilung und keineswegs durch Reibung electrisch werden können.

Alle Metalle gehören zu der letzten Klasse, und die Mittheilung geht so weit, daß wenn man mit dem einen Ende eines Messingdrahtes einen electrischen Körper berührt, das andere Ende electrisch wird, wie lang auch der Draht immer seyn mag; ja, wenn man das andere Ende des ersten Drahtes mit einem zweiten berührt, so verbreitet sich die Electricität auch über die ganze Länge des letztern. Man ist hiedurch im Stande, die Electricität auf die größten Entfernungen fortzupflanzen.

Das Wasser ist ebenfalls ein Körper, welcher leicht durch Mittheilung electrisch wird. Man hat ganz große Wasserbehälter electrisirt, so daß, wenn man ihnen den Finger näherte, man Funken herausspringen sah, und einen Schmerz verspürte.

Es ist gegenwärtig auch außer Zweifel, daß Blitz und Donner nur die Wirkung der Electricität der Wolken sind, welche durch irgend eine Ursache electrisch wurden. Ein Gewitter bietet uns im Großen dieselben Erscheinungen der Electricität, welche die Naturforscher uns durch ihre Versuche im Kleinen vorzeigen.

Den 20. Juni 1761.

Siebenter Brief.

Von der Grundursache, auf welche alle Erscheinungen der Electricität sich gründen.

Die gedrängte Darstellung, welche ich in meinem letzten Briefe von den hauptsächlichsten Erscheinungen der Electricität gegeben habe, wird gewiß Ew. H. auf die verborgenen Naturkräfte neugierig gemacht haben, welche so überraschende Wirkungen hervorzubringen vermögen.

Die meisten Naturforscher gestehen ihre Unwissenheit in dieser Beziehung. Sie scheinen dermaßen verblüfft zu seyn durch die unendliche Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, welche sie Tag für Tag entdecken, und die wunderbaren Umstände, welche diese begleiten, daß sie gänzlich den Muth verlieren, ihre Ursache zu ergründen. Sie erkennen zwar wohl eine feine Materie, die sie „electrische Materie" nennen, als Grundursache an, allein sie können sich so gar nicht in die Bestimmung der Natur und der Eigenschaften dieser Materie finden, daß dieser große Abschnitt der Naturlehre dadurch eher verwirrt als aufgeklärt wird.

Gewiß, man muß die Quelle aller Erscheinungen der Electricität in einer gewissen feinen und flüssigen Materie suchen, aber wir brauchen dazu keine erst in unserer Einbildungskraft zu erschaffen. Dieselbe feine Materie, welche man Aether nennt, und deren Wirklichkeit Ew. H. zu beweisen ich bereits die Ehre hatte, ist zureichend, um alle die auffallenden Erscheinungen, welche die Electricität darbietet, ganz natürlich zu erklären. Ich hoffe, Ew. H. über diese Materie so klare Einsicht zu verschaffen, daß auch nicht eine electrische Erscheinung, so seltsam sie sich darstellen mag, übrig bleiben soll, deren Erklärung Ihnen noch zweifelhaft wäre.

Es handelt sich nur darum, die Natur des Aethers gehörig zu erkennen. Die Luft, welche wir athmen, erstreckt sich nur bis auf eine gewisse Höhe über der Erde; je weiter wir in die Höhe steigen, desto dünner wird sie, bis sie zuletzt ganz aufhört. Man könnte nicht behaupten, daß über der Luft eine vollkommene Leere sey, welche den ungeheuren Raum zwischen den Himmelskörpern einnimmt; die Lichtstrahlen, welche von allen Himmelskörpern nach allen Richtungen ausgehen, beweisen uns hinlänglich, daß alle jene Räume von einer feinen Materie erfüllt sind.

Wenn die Lichtstrahlen wirkliche Ausströmungen der leuchtenden Körper sind, wie einige Philosophen behaupten, so müssen wohl alle Himmelsräume von diesen Strahlen erfüllt seyn, welche dieselben sogar mit der größten Schnelligkeit durcheilen. Ew. H. dürfen sich dabei nur an die furchtbare Geschwindigkeit erinnern, mit der die Sonnenstrahlen bis zu uns kommen. Nach dieser Ansicht würde es nicht nur keinen leeren Raum geben, sondern der Raum wäre mit einer feinen Materie erfüllt, welche sich sogar in der gewaltigsten Bewegung befände.

Ich glaube aber hinlänglich erwiesen zu haben, daß die *Lichtstrahlen* keine wirklichen Ausflüsse der leuchtenden Körper sind, so wenig als der Schall ein Ausfluß der tönenden Körper ist. Vielmehr ist es gewiß, daß die Lichtstrahlen nur in einer Erschütterung oder Bewegung einer feinen Materie bestehen, so wie der Schall, der in einer in der Luft erregten ähnlichen Bewegung seinen Grund hat. So wie der Schall erregt und durch die Luft fortgepflanzt wird, so wird das Licht erregt und durch eine noch viel feinere Materie fortgepflanzt, die wir Aether nennen, und welche demnach die Räume zwischen den Himmelskörpern erfüllt.

Der Aether ist also eine zur Erzeugung von Lichtstrahlen geeignete Materie, und gerade diese Eigenschaft desselben setzt uns in den Stand, seine eigenthümliche Natur näher kennen zu lernen. Wir haben für diesen Zweck nur jene Eigenschaften der Luft näher zu betrachten, vermöge welcher sie den Schall erregt und fortpflanzt, und dieses wird vorzüglich durch ihre Elasticität oder Federkraft bewirkt. Ew. H. wissen, daß die Luft die Eigenschaft hat, sich nach allen Seiten auszudehnen, und daß sie sich auch wirklich ausdehnt, sobald die Hindernisse gehoben sind. Die Luft ist nur dann in Ruhe, wenn ihre Elasticität überall die gleiche ist; so wie diese an einem Orte größer ist, als an einem andern, so verbreitet sich die Luft gegen den letztern hin. Die Erfahrung lehrt uns ferner, daß die Elasticität der Luft wächst, je mehr sie zusammengedrückt wird, woher auch die Windbüchse ihre Kraft hat, bei welcher die Luft, nachdem sie vorher mit großer Gewalt zusammengepreßt worden, im Stande ist, die Kugel mit bedeutender Geschwindigkeit fort zu treiben. Die entgegengesetzte Wirkung tritt ein, wenn man die Luft verdünnt; ihre Elasticität wird um so kleiner, je mehr sie verdünnt oder in einem größern Raume verbreitet ist.

Von dem Verhältnisse der Elasticität der Luft zu ihrer Dichte

hängt nun die Geschwindigkeit des Schalls ab, welcher ungefähr tausend Fuß in der Sekunde zurücklegt. Würde die Elasticität der Luft größer, während ihre Dichte dieselbe bliebe, so würde auch die Geschwindigkeit des Schalles zunehmen; dasselbe würde erfolgen, wenn die Luft weniger dicht wäre, als sie ist, und doch dieselbe Elasticität hätte. Ueberhaupt, je mehr ein solches Mittel, wie die Luft, elastisch und je weniger dicht es zugleich ist, desto schneller werden die darin erregten Bewegungen fortgepflanzt werden. Da nun aber das Licht so viele tausend Mal schneller fortgepflanzt wird, als der Schall, so muß wohl der Aether, d. h. das Mittel, in dessen Erschütterung das Licht besteht, mehrere tausend Mal elastischer seyn, als die Luft, und ebenso mehrere tausend Mal dünner oder feiner, da das eine wie das andere dazu beiträgt, die Fortpflanzung des Lichts zu beschleunigen.

Ew. H. ersehen daraus, warum man annimmt, der Aether sey mehrere tausend Mal elastischer und feiner als die Luft, während seine Natur im Uebrigen jener der Luft ähnlich ist, in so ferne er ebenfalls eine flüssige Substanz ist und sich zusammendrücken und ausdehnen läßt. Diese Eigenschaft desselben wird uns zur Erklärung aller electrischen Erscheinungen führen.

Den 23. Juni 1761.

Achter Brief.

Fortsetzung; insbesondere über die verschiedene Beschaffenheit der Körper in Bezug auf Electricität.

Da der Aether eine feine luftähnliche Substanz ist, nur viel tausend Mal dünner und elastischer als die Luft, so kann er nur in Ruhe seyn, wenn seine Elasticität, d. i. seine Kraft, sich auszudehnen, überall gleich stark ist.

Sobald der Aether an irgend einer Stelle elastischer ist, was stattfindet, wenn er hier mehr zusammengedrückt ist als in der Umgebung, wird er sich daselbst ausdehnen und den Aether der Umgebung solange zusammendrücken, bis er überall die gleiche Elasticität besitzt. Man sagt dann, er sey im Gleichgewicht; denn Gleichgewicht ist nichts Anderes, als der Zustand der Ruhe, wenn die Kräfte, welche diese zu stören suchen, einander die Wage halten.

Wenn demnach der Aether nicht im Gleichgewichte ist, so muß sich dasselbe ereignen, wie in der Luft, deren Gleichgewicht gestört ist; er muß sich nämlich von dem Orte, wo seine Elasticität größer

ist, nach jenem hin ausdehnen, wo sie geringer ist. Allein in Betracht seiner größern Elasticität und Feinheit muß diese Bewegung viel schneller erfolgen als in der Luft. Der Mangel des Gleichgewichts veranlaßt in der Luft einen Wind, durch welchen eben die Luft sich von einem Orte zum andern bewegt; es muß also ebenfalls eine Art von Wind entstehen, wenn das Gleichgewicht des Aethers aufgehoben ist; nur wird dieser Wind, durch welchen der Aether von einem Orte, wo er zusammengepreßter und elastischer war, sich an einen andern Ort bewegt, wo *seine* Elasticität geringer ist, unvergleichlich feiner seyn, als der *Wind* in der Luft.

Dieses vorausgesetzt, getraue ich mir nun zu behaupten, daß alle electrischen Erscheinungen eine natürliche Folge sind von dem gestörten Gleichgewichte des Aethers, so daß, wo immer das Gleichgewicht des Aethers aufgehoben ist, die Erscheinungen der Electricität auftreten müssen, oder, mit andern Worten, ich behaupte, daß die Electricität nichts Anderes ist, als eine Störung des Gleichgewichts im Aether [1].

Um nun die Wirkungen der Electricität zu entwickeln, muß man auf die Art, wie der Aether mit den uns umgebenden Körpern gemengt und von ihnen eingeschlossen ist, Rücksicht nehmen. Auf der Erde befindet sich der Aether nur in den kleinen Räumen, welche die Theilchen der Luft und der andern Körper zwischen sich lassen. Es ist sehr natürlich, daß sich der Aether bei seiner äußersten Feinheit und seiner Elasticität in die kleinsten Poren aller Körper hineindrängt, wohin die Luft nicht mehr eindringen kann, und in die Poren der Luft selbst. Ew. H. erinnern sich, daß alle Körper, so dicht sie auch scheinen, dennoch von solchen Poren erfüllt sind; und mehrere Erfahrungen beweisen unwidersprechlich, daß die Poren in allen Körpern einen viel größern Raum einnehmen, als die festen Theile; je weniger nun ein Körper wiegt, desto mehr muß derselbe Poren haben, die nichts Anderes als Aether enthalten. Es folgt daraus, daß der Aether, wenn derselbe gleich in den kleinsten Poren der Körper zerstreut ist, dennoch in großer Menge um die Erde herum vorhanden seyn müsse.

Ew. H. begreifen leicht, daß diese Poren je nach der Natur der Körper unter einander sowohl in Bezug auf Größe als auf

[1] Die Hypothese einer einzigen electrischen Flüssigkeit, wie sie Euler und Franklin vertheidigten, hat noch Anhänger, wenn gleichwohl jene von zwei Flüssigkeiten allgemeinere Anerkennung findet.

Form sehr verschieden seyn müssen, weil die Verschiedenartigkeit der Körper wahrscheinlich von der Verschiedenheit ihrer Poren abhängt. Es wird also gewiß Poren geben, welche mehr geschlossen sind und weniger Verbindung mit andern Poren haben, so daß der darin eingeschlossene Aether auch mehr gebunden ist und sich nicht so leicht daraus befreien kann, wenn gleich seine Elasticität viel größer wäre, als jene des Aethers in den benachbarten Poren. Dagegen wird es auch offene Poren geben, Poren mit freier Verbindung mit ihren Nachbarn, und es ist klar, daß der hier sich befindende Aether nicht so abgeschlossen in den Poren bleiben wird, als im vorhergehenden Falle; ist daher dieser Aether mehr oder weniger elastisch, als in den benachbarten Poren, so wird er sich leicht in's Gleichgewicht setzen.

Um diese beiden Arten von Poren zu unterscheiden, werde ich die erstern geschlossene, die andere offene nennen. Die meisten Körper werden jedoch Poren von mittlerer Beschaffenheit haben, und es wird genügen, sie mit mehr oder weniger geschlossen, mehr oder weniger offen zu bezeichnen.

Dieses vorausgesetzt, bemerke ich zuerst, daß, wenn alle Körper vollkommen geschlossene Poren hätten, es nicht möglich wäre, die Elasticität des darin enthaltenen Aethers zu ändern; und wenn auch der Aether in einigen dieser Poren aus irgend einem Grunde eine höhere Elasticität erlangt hätte, als der in den übrigen, so würde er doch, da alle Verbindung zwischen denselben abgeschnitten wäre, stets in diesem Zustande bleiben müssen, und sich nie in's Gleichgewicht setzen können. In diesem Falle würde also keine Veränderung in dem Körper eintreten können; Alles müßte in demselben Zustande bleiben, als wäre der Aether im Gleichgewicht, und keine electrische Erscheinung könnte stattfinden.

Dasselbe würde sich ergeben, wenn alle Poren aller Körper vollkommen offen wären, denn dann würde, wenn auch der Aether in einigen Poren mehr oder weniger elastisch wäre, als in andern, wegen der freien Verbindung aller sich das Gleichgewicht im Augenblicke wieder herstellen, so schnell, daß wir nicht im Stande wären, die mindeste Veränderung wahrzunehmen. Aus demselben Grunde wäre es gar nicht einmal möglich, das Gleichgewicht des Aethers in den Poren zu stören; in demselben Augenblicke, in welchem dieses stattfände, würde das Gleichgewicht auch wieder hergestellt seyn, und man könnte wieder keine Spur von Electricität entdecken.

Da aber die Poren aller Körper weder vollkommen geschlossen noch vollkommen offen sind, so wird es nimmer möglich seyn, das Gleichgewicht des Aethers in ihren Poren zu stören; und wenn dieses aus irgend einem Grunde stattfindet, so wird sich das Gleichgewicht zwar allerdings auch wieder herstellen; allein es wird dazu einige Zeit erforderlich seyn, während welcher gewisse Erscheinungen hervorgebracht werden. Ew. H. werden nun bald zu Ihrer großen Befriedigung sehen, daß diese Erscheinungen gerade diejenigen sind, welche uns die electrischen Versuche zeigen, und Sie werden mir vorerst wenigstens zugeben, daß die Grundsätze, auf welche ich die Theorie der Electricität stützen will, sehr einfach und vollkommen erwiesen sind. Den 27. Juni 1761.

Neunter Brief.

Ueber denselben Gegenstand.

Ich hoffe die größten Schwierigkeiten der Electricitätslehre nun überwunden zu haben. Ew. H. brauchen sich in dieser Beziehung nur an die Idee des Aethers zu halten, welche ich aufgestellt habe, und nach welcher er jene außerordentlich feine und elastische Materie ist, die sich nicht nur durch alle leeren Räume der Welt ausbreitet, sondern auch die kleinsten Poren aller Körper erfüllt und darin bald mehr bald weniger gebunden ist, je nachdem sie mehr oder weniger geschlossen sind. Diese Betrachtung führt uns auf zwei Hauptarten von Körpern, von denen die einen mehr geschlossene, die andere mehr offene Poren besitzen.

Wenn es sich nun ereignet, daß der in den Poren der Körper eingeschlossene Aether nicht überall die gleiche Elasticität besitzt, indem er in einigen mehr oder weniger zusammengedrückt ist, als in andern, so wird er sich in's Gleichgewicht zu setzen suchen. Hiedurch entstehen nun die Erscheinungen der Electricität, welche demnach um so mannigfaltiger seyn werden, je verschiedener die den Aether einschließenden Poren sind, und je nachdem sie ihm eine mehr oder weniger offene Verbindung mit dem Aether anderer Poren gestatten.

Diese Verschiedenheit in den Poren der Körper entspricht vollkommen jener, welche uns die ersten Erscheinungen der Electricität an den Körpern erkennen ließen, wonach die einen durch bloße Mittheilung oder die Nähe eines electrischen Körpers leicht

electrisch werden, während andere dadurch beinahe keine Veränderung erleiden. Ew. H. werden daraus alsbald schließen, daß die Körper, welche so leicht durch bloße Mittheilung electrisch werden, jene mit offenen Poren sind, und daß die für die Electricität beinahe unempfindlichen ihre Poren entweder ganz oder doch größtentheils geschlossen haben müssen.

Wir können also aus den Erscheinungen der Electricität selbst schließen, welche Körper offene oder geschlossene Poren haben, worüber ich Ew. H. noch folgende Aufklärungen geben kann.

Für's Erste hat die Luft, welche wir athmen, beinahe vollkommen geschlossene Poren, so daß der darin eingeschlossene Aether sie nur schwierig verlassen und nur ebenso schwierig in dieselben eindringen kann. Wenn daher der in der Luft verbreitete Aether mit dem in andern Körpern befindlichen nicht im Gleichgewichte, d. h. mehr oder weniger zusammengedrückt ist, so erfolgt die Herstellung des Gleichgewichts nur sehr schwer. Dieses gilt indessen nur von trockener Luft, da die Feuchtigkeit eine ganz andere Natur hat, wie ich sogleich anführen werde.

Sodann müssen in dieselbe Klasse von Körpern noch gezählt werden: das Glas, das Pech, die harzigen Stoffe, das Siegellack, der Schwefel und insbesondere die Seide. Alle diese Körper haben so geschlossene Poren, daß der Aether nur schwer in dieselben eindringen oder sie verlassen kann.

In die andere Körperklasse, deren Poren offen sind, gehört erstens das Wasser und die übrigen Flüssigkeiten, ihre Natur ist in dieser Beziehung jener der Luft ganz entgegengesetzt; dieses ist der Grund, warum die Luft, wenn sie feucht wird, ihr Verhalten gegen die Electricität gänzlich ändert, weil dann der Aether beinahe ohne alles Hinderniß in dieselbe eindringen oder sie verlassen kann. Zu derselben Körperklasse mit offenen Poren gehören ferner alle Metalle, und die Körper der Thiere.

Was die übrigen Körper, wie das Holz und viele Erd- und Steinarten, betrifft, so halten dieselben das Mittel zwischen den eben aufgezählten Hauptklassen, und der Ein- und Austritt des Aethers ist bei ihnen mehr oder weniger leicht, je nach ihren besondern Eigenschaften.

Nach diesen Erläuterungen über das verschiedene Verhalten der Körper in Bezug auf den in ihnen eingeschlossenen Aether, werden Ew. H. mit Befriedigung sehen, wie die Erscheinungen

der Electricität, welche man sonst wie Wunder anstaunt, ganz natürlich sich ableiten lassen.

Alles hängt von dem Zustande des in den Poren der Körper verbreiteten Aethers ab, insoferne er nämlich nicht überall dieselbe Elasticität besitzt, oder in einigen Körpern mehr oder weniger zusammen gedrückt ist als in andern; denn dann wird er das gestörte Gleichgewicht wieder zu erlangen suchen. Von den Stellen, wo er zusammengedrückt ist, wird er sich so viel es die Oeffnung der Poren zuläßt, loszumachen suchen, um da einzudringen, wo die Zusammendrückung geringer ist, und dieses wird so lange dauern, *bis* er überall die gleiche Zusammendrückung und die gleiche Elasticität erlangt hat, um dann im Gleichgewichte zu bleiben.

Es ist hier zu bemerken, daß wenn der Aether aus einem Körper, wo er zusammengedrückt war, in einen andern, wo der Druck geringer ist, übergeht, er in der zwischen beiden befindlichen Luft große Hindernisse findet, weil ihre Poren beinahe gänzlich geschlossen sind. Indessen wird er die Luft, als eine flüssige und sehr dünne Materie, doch durchdringen, wenn nur seine Kraft nicht zu gering, oder der Zwischenraum nicht zu groß ist. Da jedoch dieser Durchgang des Aethers sehr gehemmt und beinahe ganz gesperrt ist wegen der Beschaffenheit der Poren der Luft, so wird sich dabei dasselbe ereignen, wie bei der Luft, wenn man diese schnell durch kleine Oeffnungen treibt: man hört nämlich dann ein Pfeifen, ein Zeichen, daß die Luft dadurch in eine schwingende Bewegung versetzt wurde, welche den Schall erzeugt.

Es ist darum sehr natürlich, daß auch der Aether, wenn er gezwungen ist, die Poren der Luft zu durchdringen, dadurch in eine Art von Schwingung versetzt wird. Allein Ew. H. werden sich erinnern, daß, sowie die Schwingungen der Luft den Schall erzeugen, ähnliche Schwingungen des Aethers die Ursache des Lichts sind; so oft also der Aether aus einem Körper in einen andern entweicht, muß sein Durchgang durch die Luft von einem Lichte begleitet seyn, welches bald unter der Form eines Funkens erscheint, bald, wenn seine Menge hinlänglich groß ist, unter der Form des Blitzes.

Sie sehen also, wie der merkwürdigste Umstand, welcher die meisten electrischen Erscheinungen begleitet, sich mit Sicherheit aus unsern Grundsätzen erklärt. Allein es wird gut seyn, mich noch mehr auf einzelne Erscheinungen einzulassen, was mir für einige der nächsten Briefe einen sehr angenehmen Stoff gewähren wird.

Den 30. Juni 1761.

Zehnter Brief.

Von positiver und negativer Electricität; Erklärung der Erscheinung des Anziehens.

Nach dem, was ich bisher auseinander gesetzt habe, begreifen Ew. H. leicht, daß ein Körper dann electrisch wird, wenn der Aether in seinen Poren mehr oder weniger Elasticität erlangt, als der in den Körpern seiner Umgebung; dieses tritt dann ein, wenn entweder eine große Menge Aether in die Poren des Körpers hineingetrieben, oder ein Theil des darin enthaltenen daraus entfernt wird. Im ersten Falle wird der Aether im Körper mehr zusammengedrückt und folglich elastischer seyn, im andern Falle aber wird er dünner und verliert demnach von seiner Elasticität. Im einen wie im andern Falle ist er mit dem Aether der Umgebung nicht mehr im Gleichgewicht, und durch sein Bestreben, dieses wieder zu erlangen, bringt er sämmtliche Erscheinungen der Electricität hervor.

Ew. H. ersehen daraus, daß ein Körper auf zweierlei Art electrisch werden kann, jenachdem der in seinen Poren enthaltene Aether mehr oder weniger elastisch wird, als der Aether außerhalb derselben. Es kann demnach zweierlei Electricitäten geben; die eine — wo der Aether elastischer oder zusammengepreßter ist — heißt Plus-Electricität oder positive Electricität, die andere aber — wo der Aether weniger elastisch oder dünner ist — heißt Minus-Electricität oder negative Electricität. Die Erscheinungen der einen und der andern sind nahezu dieselben; es sind nur einige leichtere Unterschiede vorhanden, von welchen ich in der Folge reden werde.

Von Natur aus sind die Körper nicht electrisch, weil die Elasticität des Aethers ihn im Gleichgewicht zu erhalten strebt; nur gewaltsame Behandlungsweisen können das Gleichgewicht des Aethers stören, und die Körper electrisch machen; auch müssen diese Operationen an Körpern mit geschlossenen Poren vorgenommen werden, damit das einmal gestörte Gleichgewicht sich nicht sogleich wiederherstelle.

Darum bedient man sich, wie wir sehen, des Glases, des Bernsteins, des Siegellacks oder des Schwefels, um Electricität zu erregen.

Das leichteste und schon seit langer Zeit bekannte Verfahren besteht darin, daß man eine Siegellackstange mit einem wollenen

Lappen reibt; nachher zieht das Siegellack kleine Papierstückchen und andere leichte Körper an. Geriebener Bernstein bringt dieselben Erscheinungen hervor, und weil die Alten diesen Stoff *Electrum* nannten, heißt die durch die Reibung hervorgerufene Kraft heute noch Electricität; indem schon die ältesten Naturforscher bemerkt hatten, daß Bernstein durch Reiben die Kraft erlangt, leichte Körper an sich zu ziehen.

Diese Wirkung kommt nun ohne Zweifel daher, daß das Gleichgewicht des Aethers durch die Reibung gestört wurde, und es ist daher billig, daß ich mit der Erklärung dieses so bekannten Versuchs beginne. Bernstein oder Siegellack haben sehr geschlossene Poren; dagegen sind jene der Wolle, mit welcher gerieben wird, hinreichend geöffnet. Während des Reibens werden die Poren beider zusammengedrückt, wodurch der darin enthaltene Aether elastischer wird. Je nachdem nun die Poren der Wolle mehr oder weniger zusammendrückbar sind, als jene des Bernsteins oder Siegellacks, wird ein Theil des Aethers aus der Wolle in den Bernstein übergehen, oder umgekehrt aus dem Bernstein in die Wolle. Im ersten Falle wird der Bernstein positiv, im letztern negativ electrisch werden; dieser Zustand wird, weil seine Poren geschlossen sind, einige Zeit andauern, während die Wolle, obgleich in ihr eine ähnliche Veränderung vorgieng, alsbald wieder in den natürlichen Zustand zurückkehrt.

Aus den Versuchen, welche mit einer geriebenen Siegellackstange angestellt werden können, schließt man, daß sie Minus-Electricität habe, so daß also während des Reibens ein Theil ihres Aethers in die Wolle übergieng. Ew. H. wissen jetzt, daß durch das Reiben mit Wolle eine Siegellackstange eines Theils ihres Aethers beraubt wird, und daß sie dadurch electrisch werden muß. Sehen wir nun, welche Wirkungen daraus hervorgehen müssen, und ob diese mit der Erfahrung übereinstimmen.

Es sey AB (Fig. 39.) eine Siegellackstange, der man durch Reiben eine Parthie des in ihren Poren enthaltenen Aethers entzogen hat; der zurückbleibende Aether wird also weniger Ausdehnungskraft oder weniger Elasticität haben, als der Aether in den übrigen Körpern und der umgebenden Luft. Allein, da die Poren der Luft noch verschlossener sind, als jene des Siegellacks, so kann der in der Luft enthaltene Aether nicht in das Siegellack übergehen, um das Gleich-

Fig. 39.

gewicht herzustellen; wenigstens wird dieses nur nach einer längern Zeit eintreten.

Man nähere nun der Stange einen kleinen, sehr leichten Körper C mit offenen Poren; da der in diesen enthaltene Aether offenen Weg hat, und eine größere Ausdehnungskraft besitzt, als ihm der Aether in der Stange bei c entgegensetzt, so wird er in der That entweichen und, sich durch die Luft Bahn machend, wenn nur der Abstand nicht zu groß ist, in die Stange übergehen. Dieser Uebergang wird jedoch nicht ohne große Schwierigkeit stattfinden, weil die Poren des Siegellacks nur eine sehr kleine Oeffnung haben; deßwegen wird er nicht mit solcher Heftigkeit vorsichgehen, daß dadurch der Aether in solche schwingende Bewegung versetzt wird, als zur Hervorbringung eines merkbaren Lichtes erforderlich ist. Man wird nur einen schwachen Schimmer im Dunkeln und bei hinlänglich starker Electricität bemerken.

Allein man wird eine andere nicht weniger überraschende Erscheinung bemerken; der kleine Körper C wird nämlich gegen die Stange hinhüpfen, als würde er von ihr angezogen. Um dieses zu erklären, dürfen Ew. H. nur bedenken, daß der kleine Körper C im natürlichen Zustande von allen Seiten einem gleichen Luftdrucke ausgesetzt ist; weil aber in seinem gegenwärtigen Zustande der Aether aus ihm entweicht und in der Richtung Cc die Luft durchbricht, so ist klar, daß die Luft nun auf dieser Seite weniger stark auf den kleinen Körper drückt, als anderwärts, und daß der Druck nach der Richtung Cc den übrigen Druck überwinden und den Körper c wirklich gegen den Stab hintreiben wird, als würde er von diesem angezogen.

Auf diese Weise erklären sich sehr einleuchtend die Anziehungen, welche man bei der Electricität beobachtet. Bei diesem Versuche ist die Electricität zu schwach, um überraschendere Erscheinungen hervorzubringen. Ich werde in der Folge die Ehre haben, diese letztern ausführlicher zu beschreiben. Den 4. Juli 1761.

Eilfter Brief.

Fortsetzung desselben Gegenstandes.

Erst seit kurzer Zeit hat man diese schwachen Anfänge der electrischen Erscheinungen weiter geführt. Anfänglich bediente man sich einer Glasröhre ähnlich einer Barometerröhre, nur von grö-

ßerem Durchmesser, die man mit der Hand oder einem wollenen Lappen rieb, und man fand schon glänzendere electrische Erscheinungen.

Ew. H. sehen leicht ein, daß, wenn eine solche Glasröhre auf die erwähnte Art gerieben wird, ein Theil des Aethers vermöge der Zusammendrückung der Poren des Glases und des reibenden Körpers entweder aus der Hand in das Glas, oder umgekehrt aus dem Glase in die Hand übergehen muß, je nachdem die Poren des einen oder des andern Körpers zusammendrückbarer sind. Nach der Reibung setzt sich der Aether der Hand leicht wieder in's Gleichgewicht, weil ihre Poren offen sind; allein in dem Glase, dessen Poren geschlossen sind, wird das Gleichgewicht des Aethers gestört bleiben, ob das Glas durch die Reibung Aether erhalten, oder verloren hat. Das Glas wird also electrisch seyn und dieselben Erscheinungen wie das Siegellack hervorbringen, nur ohne Zweifel viel stärker, weil seine Electricität auf einen höhern Grad gebracht wurde, sey es des größern Durchmessers der Röhre wegen oder in Folge der Natur des Glases selbst.

Die Erfahrung läßt uns schließen, daß das Glas durch die Reibung mehr Aether erhalten hat, während das Siegellack dadurch dessen beraubt wird. Die Erscheinungen sind jedoch in beiden Fällen nahezu dieselben.

Für's Erste ist zu bemerken, daß die Glasröhre ihre Electricität nur so lange behält, als sie blos von Luft umgeben ist, weil die Poren sowohl des Glases als der Luft zu geschlossen sind, als daß sie dem Aether einen hinlänglich freien Durchgang gestatteten, um dem Glase den Ueberschuß seines Aethers, wodurch dessen Elasticität erhöht wird, zu entziehen. Allein hiefür muß die Luft auch recht trocken seyn, weil nur in diesem Zustande ihre Poren gehörig geschlossen sind; so wie die Luft feucht oder mit Dünsten beladen ist, gelingen die Versuche nicht, welche Mühe man sich auch mit dem Reiben des Glases geben mag. Die Ursache davon ist sehr einleuchtend; denn da das Wasser, welches die Luft feucht macht, offene Poren hat, so nehmen diese augenblicklich den im Glase bewirkten Ueberfluß des Aethers wieder auf, und dieses bleibt in seinem natürlichen Zustande. Also nur in recht trockener Luft gelingen die Versuche. Sehen wir nun, welche Erscheinungen eine geriebene Glasröhre hervorbringen muß.

Bringt man einen leichten Körper C (Fig. 40), dessen Poren offen

(Figur 40.)

sind, wie Blattgold, in ihre Nähe, so ist klar, daß der Aether der nächsten Theile D E der Röhre nicht ohne Erfolg sich zu entladen und in die Poren des Körpers C überzutreten suchen wird. Er wird sich durch die Luft Bahn brechen, wenn nur der Abstand nicht zu groß ist; im Dunkeln wird man selbst Licht zwischen der Röhre und dem Körper C bemerken, in Folge der im Aether, welcher nur schwer aus der Röhre in den kleinen Körper kommen kann, hervorgerufenen Schwingungen. Wenn man statt des Körpers C den Finger der Röhre nähert, so fühlt man selbst einen Stich, veranlaßt durch den raschen Eintritt des Aethers, und wenn man das Antlitz in einige Entfernung von der Röhre bringt, so fühlt man einige Bewegung in der Luft, veranlaßt durch den Durchgang des Aethers. Mitunter hört man auch ein leichtes Knistern, ohne Zweifel veranlaßt durch Schwingungen der Luft, welche der Aether so plötzlich durchdringt.

Ew. H. dürfen sich nur erinnern, daß Erschütterung der Luft immer einen Schall und eine ähnliche Bewegung des Aethers Licht hervorbringt, und die Ursache der Erscheinungen wird deutlich genug.

Allein bringen wir wieder den kleinen Körper C in die Nähe der Röhre. Wenn nun der Aether die Röhre verläßt, um in die Poren von C überzugehen, so muß die Luft zum Theil verdrängt werden, und wird folglich von dieser Seite nicht so stark gegen C drücken, als von allen andern; daher wird es kommen, daß der Körper C, wie beim Siegellack, gegen die Röhre getrieben wird und, weil er sehr leicht ist, sich ihr wirklich nähert. Man ersieht daraus, daß diese scheinbare Anziehung gleichmäßig stattfindet, ob der Aether der Röhre zu viel oder zu wenig Elasticität besitzt, d. h. ob die Röhre positiv oder negativ electrisch ist. Im einen wie im andern Falle hält der Durchgang des Aethers die Luft auf und hindert sie ihren Druck auszuüben.

Allein während der leichte Körper sich der Röhre nähert, wird der Uebergang des Aethers stärker, und der Körper wird bald ebenso mit Aether überladen seyn, wie die Röhre selbst. Nun wird die Wirkung des Aethers, die nur von der Elasticität desselben herrührt, gänzlich nachlassen und der Körper C wieder einem allseitig gleichen Drucke ausgesetzt seyn. Die Anziehung hört auf, und C wird sich wieder von der Röhre entfernen, weil ihn nichts mehr hier zurückhält und seine eigene Schwere ihn in Bewegung

setzt. So wie er sich aber entfernt, wird sein überschüssiger Aether aus den offenen Poren in die Luft entweichen und er wieder in den natürlichen Zustand zurückkehren. Die Röhre wird nun wieder, wie vorher, auf ihn einwirken, und er sich von Neuem ihr nähern, so daß es scheint, er werde abwechselnd von der Röhre angezogen und abgestoßen, was so lange dauern wird, bis die Röhre ihre Electricität verloren hat. Da nämlich bei jeder Anziehung die Röhre sich eines Theils ihres überschüssigen Aethers entladet, so wird sie, abgesehen davon, daß auch ein kleiner Theil desselben unmerklich in die Luft entweicht, bald wieder in ihren natürlichen Zustand zurückgekehrt und in ihrem Gleichgewichte seyn, und zwar um so eher, je kleiner die Röhre und je leichter der Körper C ist; damit werden dann alle electrischen Erscheinungen aufhören.

Den 7. Juli 1761.

Zwölfter Brief.

Von der electrischen Atmosphäre.

Beinahe hätte ich vergessen, eines sehr wichtigen Umstandes zu erwähnen, der bei allen, sowohl positiv als negativ electrischen Körpern vorkommt, und uns für die Erklärung der electrischen Erscheinungen sehr wichtige Aufschlüsse gibt.

Obwohl nämlich die Poren der Luft sehr geschlossen sind und dem in ihnen eingeschlossenen Aether beinahe keine Verbindung mit dem der Umgebung gestatten, so erleidet er dennoch einige Veränderung in der Nähe electrischer Körper.

Betrachten wir zuerst einen negativ electrischen Körper, wie eine Siegellackstange A B (Fig. 41), welche durch Reibung eines Theils des Aethers ihrer Poren beraubt wurde, so daß der nun noch in ihnen eingeschlossene Aether eine geringere Elasticität besitzt, als der der übrigen Körper, und folglich auch als jener der die Stange umgebenden Luft.

Figur 41.

Nothwendig muß der Aether in der Luft, welcher das Siegellack unmittelbar berührt, wie in m, sich, da er elastischer ist, wenn auch noch so wenig in das Siegellack entladen, und dadurch einen kleinen Theil seiner Elasticität verlieren. Auf gleiche Weise werden die entfernteren Lufttheile, wie in

n, einen Theil ihres Aethers in die näheren bei m entweichen lassen, und sofort bis zu einer gewissen Entfernung, wo die Luft keiner Veränderung mehr unterworfen ist. Auf diese Weise wird die Luft um das Siegellack herum bis auf eine gewisse Entfernung ihren Aether theilweise verlieren und dadurch selbst electrisch werden.

Dieser Theil der Luft, welcher auf die erwähnte Art an der Electricität des Siegellacks Theil nimmt, heißt die **electrische Atmosphäre**; und Ew. H. ersehen aus dem Gesagten, daß jeder electrische Körper von einer solchen Atmosphäre umgeben seyn muß. Denn wenn der Körper positiv electrisch ist, also mehr Aether enthält, als im natürlichen Zustande, so ist derselbe in ihm mehr zusammengepreßt, also elastischer, wie dieses in einer geriebenen Glasröhre stattfindet; dann wird der elastischere Aether, wenn auch noch so wenig, in die unmittelbar anliegenden Theilchen der Luft entweichen und von diesen in die weiter abliegenden bis auf eine gewisse Entfernung, was wieder eine electrische Atmosphäre um das Glasrohr bilden wird, in welcher der Aether elastischer ist, als gewöhnlich.

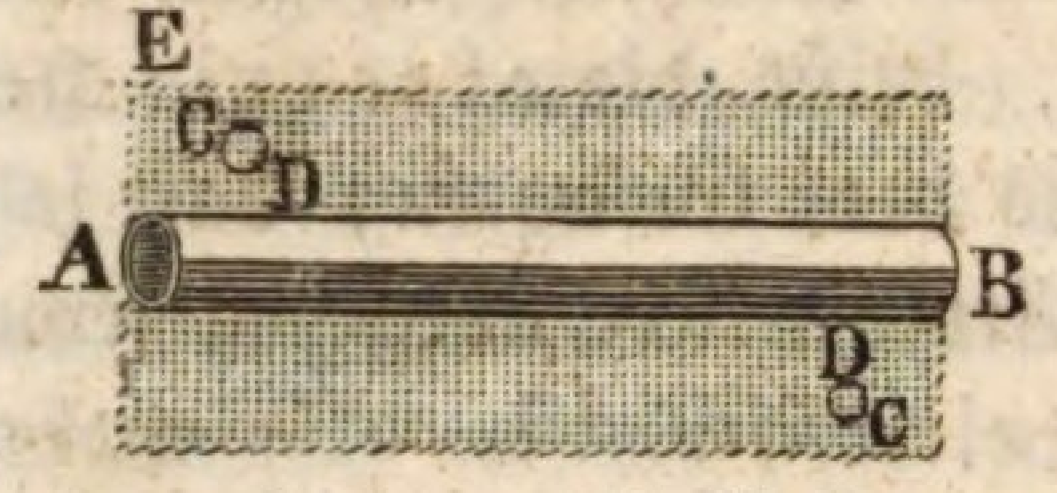
Es ist einleuchtend, daß diese Atmosphäre, welche den electrischen Körper umgibt, nach und nach seine Electricität schwächen muß, weil im ersten Falle beinahe fortwährend ein Wenig von dem Aether durchsickert, welcher aus der umgebenden Luft in den electrischen Körper übergeht, und im andern Falle aus ihm in die Luft entweicht. Das ist auch der Grund, warum die electrischen Körper zuletzt ihre Electricität verlieren, und es wird dieses um so früher eintreten, je mehr die Poren der Luft geöffnet sind. In feuchter Luft, wo die Poren sehr offen sind, erlischt fast alle Electricität im Augenblicke, allein in sehr trockener Luft erhält sie sich ziemlich lange.

Diese electrische Atmosphäre wird sehr deutlich wahrgenommen, wenn man einem electrischen Körper das Gesicht nähert; man hat dann eine Empfindung wie von Spinnengewebe, veranlaßt durch das Gefühl von dem schwachen Uebergange des Aethers aus dem Gesicht in dem electrischen Körper oder umgekehrt von diesem in jenes, je nachdem der electrische Körper **Minus-** oder **Plus-Electricität** hat, oder, wie man sich auszudrücken pflegt, negativ oder positiv electrisch ist.

Die electrische Atmosphäre trägt auch zur deutlicheren Erklärung jener abwechselnden Anziehung und Abstoßung leichter Körper bei, welche man um einen electrischen Körper herum beobach-

tet, und wovon ich im vorhergehenden Briefe zu reden die Ehre hatte. Ew. H. werden bemerkt haben, daß die Erklärung, welche ich dort von der Abstoßung gegeben habe, hinkt, allein die electrische Atmosphäre wird diesem Uebel vollständig abhelfen.

Figur 42.



Es sey AB (Fig. 42) eine electrische mit Aether überladene Glasstange, C sey ein kleiner Körper mit offenen Poren im natürlichen Zustande, die electrische Atmosphäre erstrecke sich auf die Entfernung DC. Weil nun die Umgebungen von C schon einen Aether mit erhöhter Elasticität enthalten, so wird dieser sich in die Poren von C entladen und dafür sogleich aus der Röhre von D nach C neuer Aether übergehen; gerade die Atmosphäre ist es, welche hauptsächlich diesen Uebergang unterstützt, denn wenn der in der Luft enthaltene Aether gar keine Verbindung mit jenem in der Röhre hätte, so könnte diese nicht auf das Körperchen C einwirken. Während der Aether von D nach C übergeht, ist der Druck der Luft zwischen C und D vermindert, das Körperchen C demnach nicht mehr von allen Seiten gleich stark gedrückt, und es wird deßhalb gegen D getrieben, wie wenn es hier angezogen würde. In demselben Maaße, wie es sich nähert, wird es aber auch mehr und mehr mit Aether überladen; es wird electrisch, wie die Röhre selbst, und die Electricität der Röhre wird nicht mehr auf dasselbe wirken.

Weil nun das in D angekommene Körperchen zu viel Aether enthält, und mehr als die Luft in E, so wird derselbe aus ihm gegen E hin zu entweichen suchen. Die Atmosphäre, oder die Zusammenpressung des Aethers, welche von D gegen E hin abnimmt, wird diesen Uebergang erleichtern, und der überflüssige Aether wird in der That von dem Körperchen gegen E hin abfließen. Dadurch wird nun der Druck der Luft auf das Körperchen von dieser Seite her schwächer, als von allen übrigen und demnach das Körperchen gegen E getrieben werden, wie wenn es die Röhre abstieße; so wie dasselbe aber nach E kommt, wird es auch seinen überflüssigen Aether verloren haben und in den natürlichen Zustand zurückgekehrt seyn. Es wird nun neuerdings, wie anfänglich, gegen die Röhre hingezogen und wieder abgestoßen werden, aus demselben Grunde, den ich so eben auseinander gesetzt habe.

Es ist also hauptsächlich die electrische Atmosphäre, welche diese seltsamen Erscheinungen bewirkt, wenn wir leichte Körper, wie Papierschnitzel oder Metallstückchen, mit welchen der Versuch am

besten gelingt, da sie offene Poren haben, abwechselnd von electrischen Körpern angezogen und abgestoßen werden sehen.

Uebrigens sehen Ew. H. leicht, daß dasjenige, was ich so eben von positiver Electricität gesagt habe, in gleicher Weise auch von negativer gelten müsse; man braucht sich nämlich nur den Durchgang des Aethers umgekehrt vorzustellen, der natürliche Luftdruck wird dadurch immer vermindert werden. Den 11. Juli 1761.

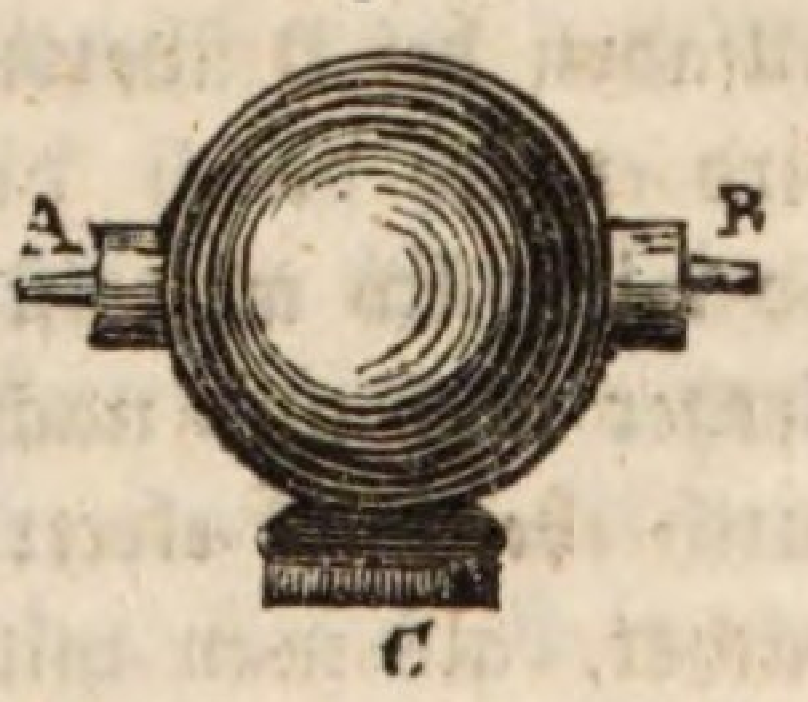
Dreizehnter Brief.

Ueber die Mittheilung der Electricität an eine Eisenstange mittelst einer Glaskugel.

Nachdem man die Versuche mit den Glasröhren kennen gelernt hatte, gelang es, die Electricität auf einen noch höhern Grad zu steigern. Anstatt einer Glasröhre bediente man sich einer hohlen Glaskugel, welche hinlänglich schnell um eine Axe gedreht wird; wenn man die Hand oder ein Kissen aus einer Substanz mit offenen Poren dagegen hält, so bewirkt man eine Reibung, welche die ganze Kugel electrisch macht.

Fig. 43. zeigt diese Kugel, welche man um die Achsen A und B laufen lassen kann, durch eine ähnliche Vorrichtung, wie sie die Drechsler haben. C ist das ziemlich fest gegen die Kugel angedrückte Kissen, an welchem diese sich durch die Umdrehung reibt. Weil hiebei die Poren des Kissens mehr als jene des Glases zusammengedrückt werden, so wird der darin enthaltene Aether herausgetrieben und gezwungen, sich in die Poren des Glases zu begeben, wo er sich immer mehr anhäuft, weil die offenen Poren des Kissens immer neuen Aether liefern, der in denselben fortwährend aus den umgebenden Körpern ersetzt wird. Auf diese Weise kann die Kugel stärker mit Aether überladen werden als die Glasröhren. Die Wirkungen der Electricität sind an ihr auch viel beträchtlicher, jedoch von derselben Art, wie ich sie bereits erwähnt habe, indem sie abwechselnd leichte Körper anzieht und abstößt und nur lebhaftere Funken gibt, wenn man sie berührt.

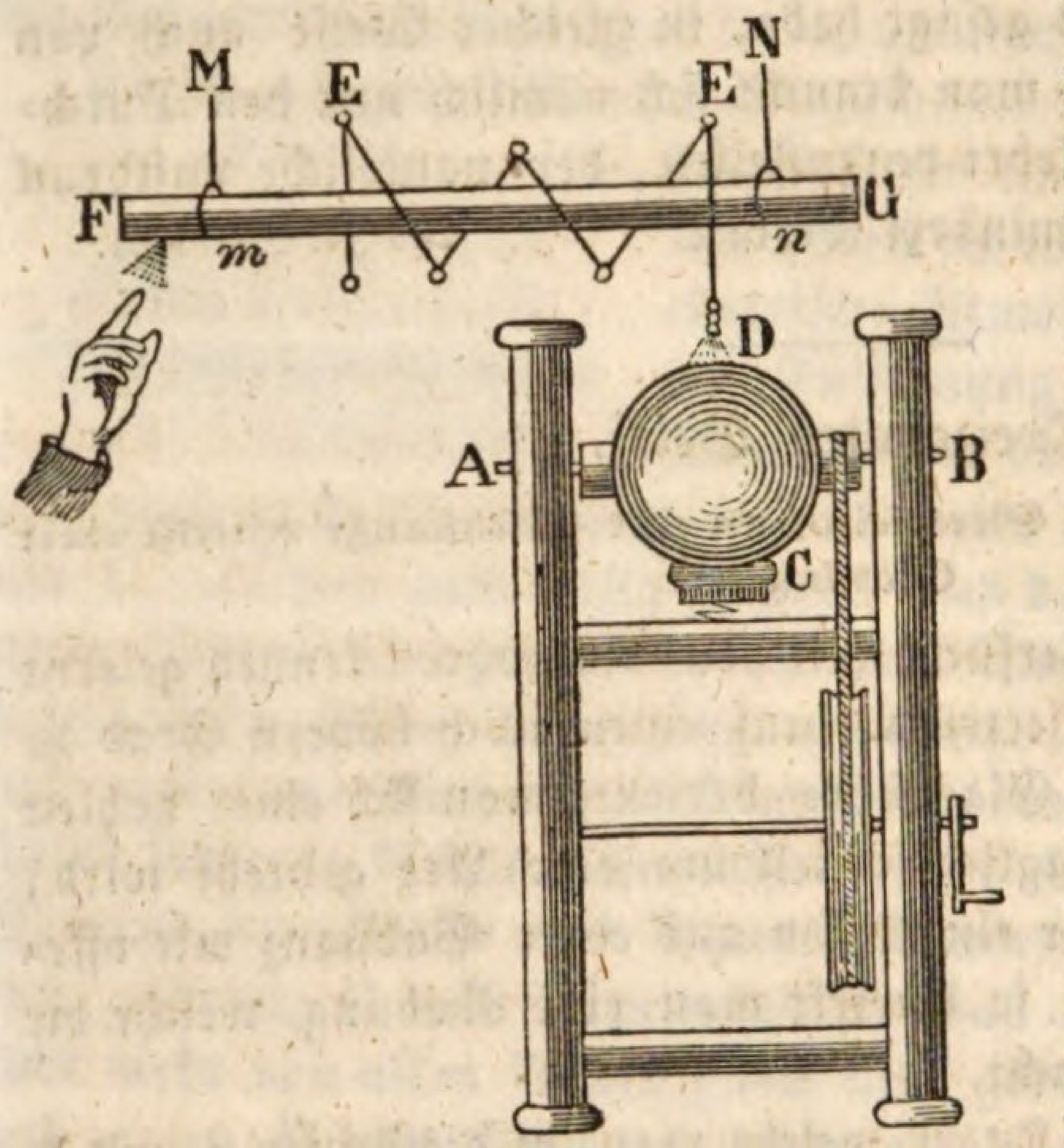
Fig. 43.



Allein man begnügte sich nicht mit den Versuchen, die ich Ew. Hoheit bereits beschrieben habe; man wendete diese electrisirte Kugel auch an, um noch viel überraschendere Erscheinungen zu entdecken.

Wenn die Maschine so hergerichtet ist, daß man die Kugel um ihre Axe A und B drehen kann, so hängt man eine eiserne Stange FG (Fig. 44.) über oder zur Seite der Kugel auf, und leitet von ihr eine Kette ED von Eisen oder anderm Metall an die Kugel; die Kette endet sich in D in Metallfäden, welche die Kugel berühren. Es ist ausreichend, wenn die Kette auf irgend eine Weise an der Stange befestigt ist, oder auch nur auf ihr liegt. Wenn man nun die Kugel dreht und diese sich an dem Kissen reibt, damit der Aether sich in dem Glase anhäufe und elastischer werde, so wird dieser leicht aus dem Glase in die Metallfäden bei D übertreten, deren Poren offen sind, und von hier wird er sich durch die Kette DE in die Eisenstange FG entladen. So wird sich mittelst der Kugel der aus dem Kissen C ausgepreßte Aether nach und nach in der Eisenstange FG anhäufen, welche dadurch ebenfalls electrisch wird und deren Electricität in dem Maaße wächst, als man mit dem Drehen der Kugel fortfährt.

Fig. 44.



Wenn die Eisenstange noch mit andern Körpern, deren Poren offen sind, in Verbindung stände, so würde sie ihren überschüssigen Aether bald in diese entladen und dadurch ihre Electricität verlieren; der aus dem Kissen geschöpfte Aether würde sich in alle unter einander verbundenen Körper zerstreuen und seine größere Zusammenpressung wäre nicht mehr merklich. Um diesem Uebelstande, welcher alle electrischen Erscheinungen vereiteln würde, zuvorzukommen, muß man nothwendig die Stange mittelst solcher Körper unterstützen oder aufhängen, welche wohl geschlossene Poren haben, als da sind: Glas, Pech, Schwefel, Siegellack und Seide. Es wird daher gut seyn, die Stange mit Stützen von Glas oder Pech zu versehen, oder sie an seidenen Schnüren aufzuhängen. Dadurch wird die Stange vor dem Verluste des in ihr angehäuften Aethers

geschützt seyn, weil sie nun überall nur von Körpern mit geschlossenen Poren umgeben ist, welche dem Aether der Stange beinahe gar keinen Eintritt gestatten. In diesem Zustande sagt man, die Stange sey isolirt, oder befreit von jeder Berührung, welche ihr die Electricität entziehen könnte. Indessen werden Ew. H. wohl einsehen, daß es nicht möglich ist, jeden Verlust zu verhüten, und darum wird die Electricität einer solchen Stange nach und nach schwächer, wenn man sie nicht durch fortwährende Bewegung der Kugel unterhält.

Auf diese Weise theilt man die Electricität einer Eisenstange mit, die man nie durch Reibung hätte electrisch machen können, welche Mühe man sich auch damit gegeben hätte, weil ihre Poren offen sind. Dieses ist aber auch der Grund, warum eine solche Stange, einmal durch Mittheilung electrisch geworden, viel auffallendere Erscheinungen hervorbringt. Nähert man der Stange einen Finger oder einen andern Theil des Körpers, so sieht man aus ihr einen sehr glänzenden Funken in der Form eines auseinandergehenden Büschels herausfahren, welcher bei seinem Eintritt in den Körper einen lebhaften und mitunter selbst schmerzlichen Stich bewirkt. Ich erinnere mich, einmal meinen mit einer Perücke und dem Hute bedeckten Kopf hingehalten zu haben, allein der Schlag drang so kräftig durch, daß ich den Schmerz noch den andern Tag fühlte.

Diese Funken, welche von allen Seiten aus der Stange hervortreten, wenn man ihr einen Körper mit offenen Poren nähert, entzünden Weingeist und tödten kleine Vögel, die man mit dem Kopfe hinhält. Wenn man das andere Ende der Kette DE in ein mit Wasser gefülltes Gefäß leitet, welches auf Körper mit geschlossenen Poren, wie auf Glas, Pech oder Seide gestützt ist, so wird die ganze Wassermasse electrisch und einige Schriftsteller behaupten, auf diese Weise ganze Seen electrisch gemacht zu haben, so daß man bei der Annäherung des Fingers aus dem Wasser selbst sehr empfindliche Funken herausfahren sah. Allein mir scheint, man müßte die Kugel wohl sehr lange drehen, um so viel Aether in eine so enorme Wassermasse zu treiben, und es müßte ja auch das Bett des Sees und alles, was denselben umgibt, sehr wohl geschlossene Poren haben.

Je offener die Poren eines Körpers sind, desto einen höhern Grad von Electricität kann er auf diese Weise annehmen, und desto

wunderbarere Wirkungen hervorbringen. Ew. H. werden zugeben, daß dieses alles mit den Grundsätzen, welche ich gleich anfänglich aufstellte, sehr wohl übereinstimmt. Den 14. Juli 1761.

Vierzehnter Brief.

Ueber das Electrisiren von Menschen und Thieren.

So wie man mittels zuleitender Ketten die Electricität des Glases auf eine Eisenstange übertragen kann, so kann man dieselbe auch auf die gleiche Weise in den menschlichen Körper überführen, da der thierische Körper mit den Metallen und dem Wasser die Eigenschaft, sehr offene Poren zu besitzen, gemein hat; allein auch der Mensch darf dann mit keinen Körpern in Berührung seyn, deren Poren ebenfalls offen sind.

Für diesen Zweck stellt man den Menschen auf ein großes Stück Pech, oder läßt ihn auf einen Stuhl mit gläsernen Füßen sitzen, oder endlich man hängt den Stuhl an seidenen Schnüren auf, da alle diese Stoffe hinlänglich geschlossene Poren haben, um den überschüssigen Aether, welchen der menschliche Körper durch die Electrisirung erhält, nicht entweichen zu lassen.

Diese Vorsicht ist durchaus unerläßlich; denn stünde der Mensch auf der nackten Erde, welche ebenfalls offene Poren hat, so würde der Aether, sobald er auf einen höhern Grad von Zusammendrückung im menschlichen Körper gebracht wäre, sich in den Erdboden entladen, und man müßte im Stande seyn, die ganze Erde mit Aether zu überladen, bevor der Mensch electrisch werden könnte. Allein Ew. H. begreifen, daß das Kissen, mit welchem die Glaskugel gerieben wird, nicht im Stande seyn kann, eine so ungeheure Menge von Aether zu liefern; wollte man denselben aber aus der Erde selbst ziehen, so würde man ebenfalls weiter Nichts gewinnen, da man ja derselben nur auf der einen Seite nähme, was man ihr auf der andern zuführt.

Hat aber der Mensch auf die angegebene Weise Platz genommen, so braucht man ihn nur mit der Hand die Kugel, während sie umgedreht wird, berühren zu lassen und der in der Kugel angehäufte Aether wird leicht in die offenen Poren der Hand übertreten und sich im ganzen Körper ausbreiten. Aus diesem wird er aber nicht mehr so leicht entweichen, da die Luft und alle ihn berührenden Körper geschlossene Poren haben. Anstatt den Men-

schen die Kugel mit der Hand berühren zu lassen, ist es auch zureichend, wenn er nur die Kette oder die Stange selbst berührt, von welcher ich im vorhergehenden Briefe geredet habe; in diesem Falle muß aber nicht nur der menschliche Körper, sondern auch die Kette und die Eisenstange mit Aether überladen werden; dieses erfordert eine größere Menge von Aether, und man muß daher auch die Kugel länger drehen, um davon eine hinlängliche Menge zu liefern.

Auf diese Weise wird der Mensch ganz electrisch, oder vielmehr sein ganzer Körper wird mit Aether überladen, der darin auf den höchsten Grad der Spannung und Elasticität gebracht und also zu entweichen suchen wird.

Ew. H. werden selbst urtheilen, daß ein so gewaltsam geänderter Zustand für den Menschen nicht gleichgültig seyn kann. Unser Körper ist bis in seine kleinsten Theile von Aether durchdrungen, und die kleinsten Muskelfäserchen sowohl, als die Nerven sind so sehr damit erfüllt, daß dieser Aether ohne Zweifel die vorzüglichste Triebkraft der thierischen und der Lebensbewegungen überhaupt in sich einschließt. Man bemerkt auch, daß der Puls eines electrisirten Menschen schneller schlägt; Schweiß wird hervorgerufen und die Bewegung der feinsten Säfte, welcher unsern Körper erfüllen, wird rascher. Man fühlt auch eine eigenthümliche, nicht zu beschreibende Aenderung im ganzen Leibe; und man ist nur zu sehr überzeugt, daß ein solcher Zustand großen Einfluß auf die Gesundheit üben müsse, obgleich man noch nicht genug Erfahrungen gesammelt hat, um zu entscheiden, in welchen Fällen dieser Einfluß heilsam ist oder nicht. Mitunter mag es wohl gut seyn, daß das Blut und die übrigen Säfte in lebhaftern Umlauf kommen, und man kann dadurch gewissen Stockungen, deren Folgen gefährlich werden könnten, zuvorkommen; allein es könnte auch der Fall seyn, daß ein zu rascher Umlauf der Gesundheit nachtheilig würde. Die Sache wäre es wohl werth, daß die Aerzte mehr Sorgfalt auf deren genauere Untersuchung verwendeten.

Man rühmt sich wohl einiger sehr auffallender Heilungen durch das Electrisiren, allein noch ist man nicht im Stande, die Fälle gehörig zu unterscheiden, in welchen man sich einen guten Erfolg versprechen darf.

Um nun wieder zu unserem electrisirten Menschen zurückzukehren, so ist es sehr merkwürdig, daß er im Dunkeln von einem Lichte umgeben ist, wie es die Maler um die Köpfe der Heiligen

vorstellen. Der Grund hievon ist einleuchtend, denn da immer eine Parthie des Aethers, womit der Körper überladen ist, entweicht und dabei in den geschlossenen Poren der Luft vielen Widerstand findet, so wird er in eine gewisse Bewegung versetzt, welche die Ursache alles Lichtes ist, wie ich Ew. H. zu zeigen die Ehre hatte. Allein man bemerkt an einem electrisirten Menschen noch andere sehr auffallende Erscheinungen: berührt man ihn nämlich, so sieht man nicht nur aus der berührten Stelle sehr starke Funken herausbrechen, sondern der Mensch empfindet an der Stelle auch einen lebhaften Schmerz. Berührt ihn ein anderer im natürlichen Zustande befindlicher, oder nicht electrisirter Mensch, so empfinden beide den Schmerz, und es könnte derselbe nachtheilige Folgen haben, besonders, wenn die berührte Stelle der Kopf oder irgend ein anderer empfindlicher Theil ist. Ew. H. begreifen hiernach, wie wenig es uns gleichgültig seyn kann, wenn eine Parthie des in uns enthaltenen Aethers entweicht, oder mehr desselben in uns übertritt, besonders wenn es mit so wunderbarer Schnelligkeit geschieht.

Uebrigens bestätigt das Licht, welches man im Dunkeln um einen electrisirten Menschen bemerkt, vortrefflich das, was ich über die electrische Atmosphäre, die alle electrischen Körper umgibt, zu sagen die Ehre hatte, und Ew. H. werden bei den meisten electrischen Erscheinungen keinerlei Schwierigkeiten mehr finden, so unerklärlich sie auch Andern scheinen. Den 18. Juli 1761.

Fünfzehnter Brief.

Ueber die unterscheidenden Kennzeichen der beiden Arten von Electricität, der positiven und der negativen.

Ew. H. erinnern sich, daß nicht nur das Glas durch Reibung electrisch wird, sondern daß auch andere Stoffe, wie z. B. Siegellack und Schwefel, diese Eigenschaft besitzen, da auch ihre Poren geschlossen sind; so daß, wenn man entweder mehr Aether in sie treibt, oder ihnen einen Theil desselben entzieht, sie einige Zeit in diesem Zustande verbleiben, und das Gleichgewicht nicht sobald wieder hergestellt wird.

Man bedient sich daher auch statt der Glaskugeln solcher von Schwefel oder Siegellack, die man um eine Axe drehen läßt, während sie an einem Kissen gerieben werden, gerade auf dieselbe

Weise, wie ich dieses bei Glaskugeln auseinander zu setzen die Ehre hatte. Sie werden hiedurch gleichfalls electrisch und theilen auch, wenn man eine Eisenstange anwendet, die dieselben nur durch dünne Fäden oder Troddeln von Metall berührt, wovon die Kugel keinen Schaden leidet, ihre Electricität der Stange mit, von woaus man sie dann nach Belieben andern Körpern mittheilen kann.

Indessen zeigt sich hier ein nicht zu übersehender Unterschied. Eine auf gedachte Weise electrisch gewordene Glaskugel wird nämlich mit Aether überladen, und die Eisenstange, so wie andere damit in Verbindung gesetzte Körper erhalten Electricität der gleichen Art, oder was dasselbe ist, der Aether befindet sich in ihnen auch in zusammengepreßtem Zustande, wodurch seine Elasticität erhöht ist. Diese Electricität heißt positive oder Plus-Electricität. Behandelt man aber eine Kugel von Siegellack oder von Schwefel auf dieselbe Weise, so entsteht eine gerade entgegengesetzte Electrität, die man negative oder Minus-Electricität nennt, weil man beobachtet, daß diesen Stoffen durch die Reibung ein Theil des in ihren Poren eingeschlossenen Aethers entzogen wird.

Ew. H. werden überrascht seyn zu hören, daß dieselbe Reibung ganz entgegengesetzte Wirkungen hervorbringen kann; allein das hängt von der Natur der reibenden und geriebenen Substanzen ab und von der Festigkeit ihrer kleinsten Theilchen, welche die Poren enthalten. Die Möglichkeit eines solchen Unterschiedes erklärt sich einleuchtend daraus, daß, wenn zwei Körper stark an einander gerieben werden, die Poren des einen gewöhnlich eine größere Zusammenpressung erleiden müssen, als jene des andern, und dann wird der Aether aus den mehr zusammen gedrückten Poren herausgepreßt und genöthigt, sich in die weniger zusammengedrückten Poren des andern Körpers zu begeben.

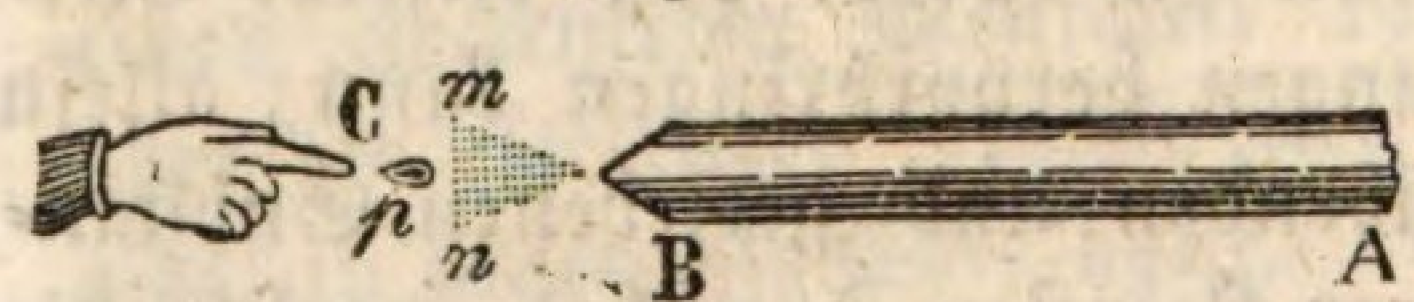
Dieses vorausgesetzt muß man also sagen, daß bei der Reibung des Glases durch ein Kissen die Poren des letztern eine größere Zusammendrückung erleiden, als jene des Glases, und in Folge dessen der Aether des Kissens in das Glas übergehe und dort positive Electricität bewirke, wie ich schon die Ehre hatte Ew. H. zu erklären. Allein wenn man nun statt des Glases Siegellack oder Schwefel nimmt, so sind die Poren dieser Substanzen zusammendrückbarer, als jene der Substanz des reibenden Kissens; ein Theil des Aethers der Kugeln wird ausgepreßt und genöthigt, in das

Kissen überzugehen, wodurch also diese Kugeln einen Theil ihres Aethers verlieren und negative Electricität erhalten.

Von derselben Art ist auch die Electricität einer Stange von Eisen oder von Metall überhaupt, wenn sie mit einer Siegellack- oder Schwefelkugel in Verbindung gesetzt wird, und von derselben Art wird auch die einem Menschen mitgetheilte Electricität seyn, wenn derselbe durch Pech oder seidene Schnüre isolirt ist. Wenn man einen solchen Menschen, oder einen andern auf gleiche Weise electrisirten Körper mit offenen Poren berührt, so beobachtet man ungefähr dieselben Erscheinungen, wie bei der positiven Electricität. Die Berührung ist ebenfalls von einem Funken begleitet und von einem Stechen für beide Theile. Der Grund hievon ist einleuchtend, denn der Aether, welcher aus dem Körper im natürlichen Zustande entweicht, um in den electrischen Körper überzugehen, ist hierbei gehemmt, und muß daher in eine Erschütterung versetzt werden, welche das Licht hervorruft. Allein man bemerkt einen erheblichen Unterschied in der Figur des Funkens, je nachdem die Electricität positiv oder negativ ist.

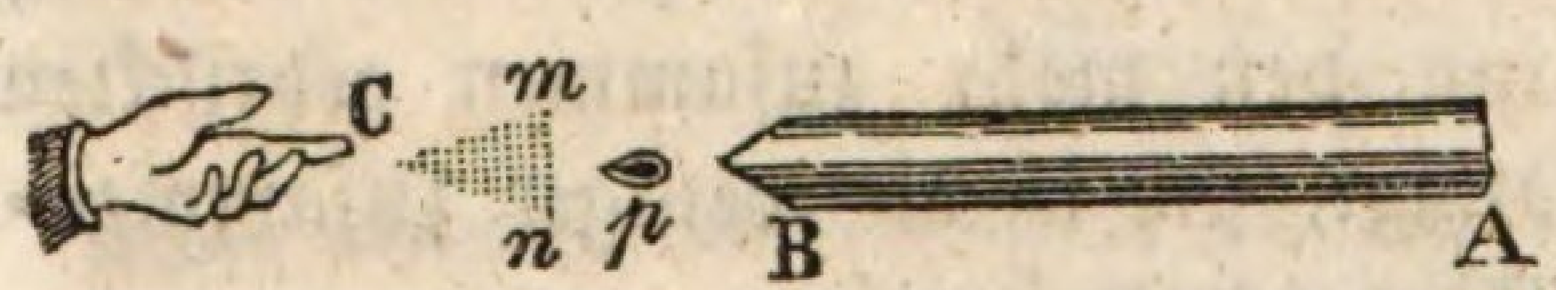
Wenn die Stange AB (Fig. 45) positiv electrisch ist, und man nähert ihr den Finger C, so erscheint das aus der Stange ausfahrende Licht unter der Form eines gegen den Finger divergirenden Büschels mn und bei dem Finger bemerkt man in p einen leuchtenden Punkt.

Fig. 45.



Hat aber die Stange AB (Fig. 46) negative Electricität, so fährt das leuchtende Büschel mn aus dem genäherten Finger divergirend gegen die Stange und man sieht den leuchtenden Punkt p bei dieser.

Fig. 46.



Das ist das vorzüglichste Kennzeichen, durch welches sich die positive Electricität von der negativen unterscheidet. Immer hat der Funken da, wo der Aether entweicht, die Form eines Büschels, aber da wo der Aether in einen Körper eintritt, ist der Funken ein leuchtender Punkt.

Den 21. Juli 1761.

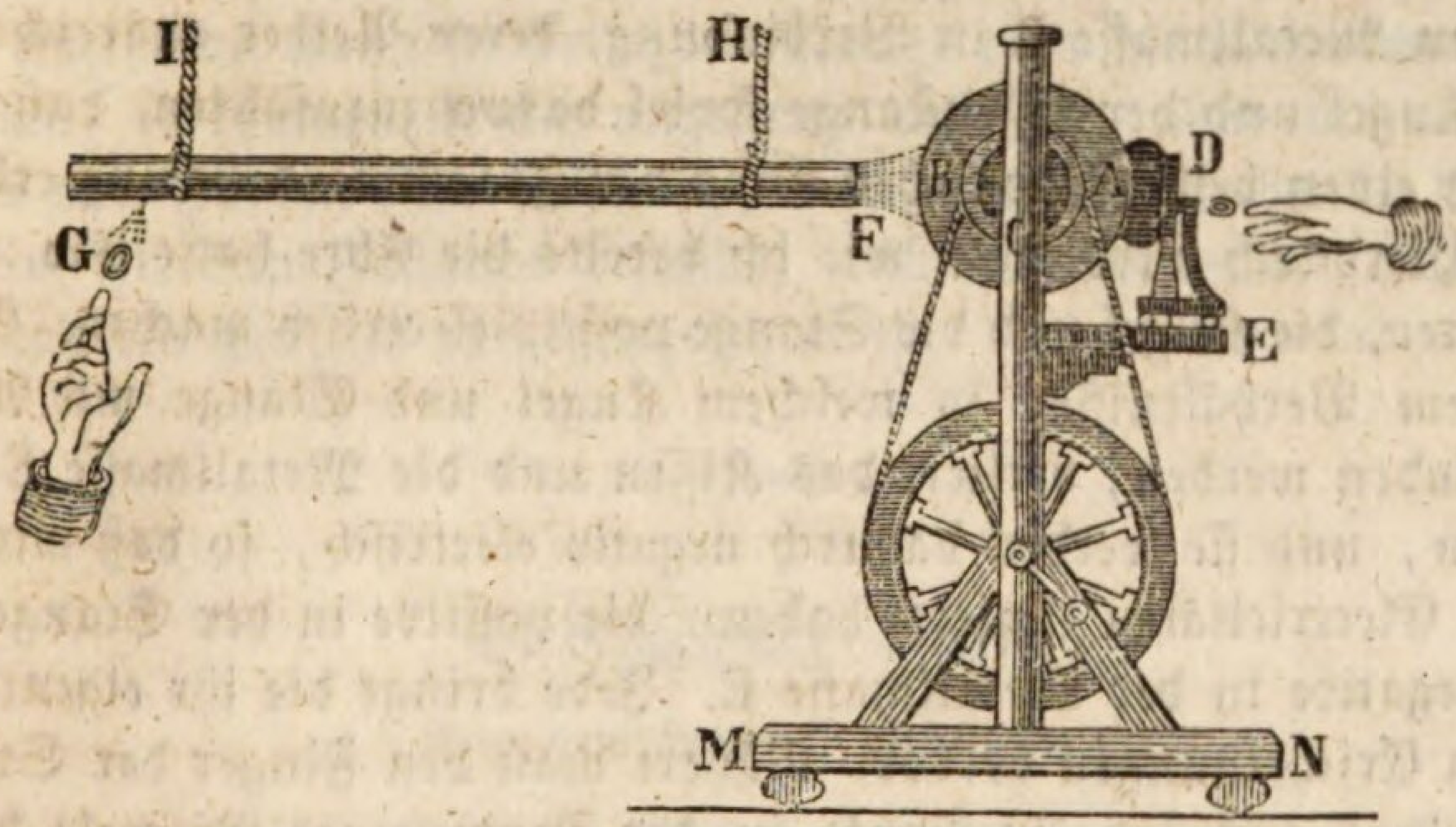
Sechszehnter Brief.

Auf welche Weise dieselbe Glaskugel beide Arten von Electricität zugleich liefern könne.

Ew. H. werden den Unterschied zwischen positiver und negativer Electricität besser einsehen, wenn ich die Ehre gehabt haben werde, Ihnen zu erklären, wie man mit einer Glaskugel allein beide Arten der Electricität hervorbringen kann, was zugleich diese wunderbaren Naturerscheinungen besser beleuchten wird.

Es sey AB (Fig. 47) die um die Axe C gedrehte Glaskugel

Fig. 47.



und D das Reibkissen, welchem gegenüber die Kugel von der metallenen Quaste F berührt wird, die ihrerseits an die Eisenstange FG befestigt ist; letztere hängt in den Seidenschnüren I, H, damit sie nirgends Körper mit offenen Poren berühre.

Ew. H. wissen nun, daß durch die Reibung an dem Kissen D der Aether aus letzterem in das Glas übergeht, wo er zusammengepreßt und folglich elastischer wird; von da tritt er durch die Quaste F in die Eisenstange FG. Obwohl nämlich die Poren des Glases hinlänglich geschlossen sind, so wird dasselbe, weil der Aether sich durch die Reibung immer mehr und mehr anhäuft, doch bald so damit überladen, daß ein Theil davon durch die metallene Quaste entweicht, um sich in die Eisenstange zu entladen, wodurch diese gleichfalls electrisch wird.

Ew. H. sehen, daß all dieser Ueberfluß von Aether durch das Kissen geliefert wird, welches bald davon erschöpft seyn würde, wenn es nicht in offener Verbindung mit dem Gestelle der Maschine und dadurch mit der ganzen Erde stände, woher das Kissen stets

mit neuem Aether versehen wird, so daß es, so lange das Reiben anhält, reichlich genug von demselben erfüllt ist, um jenen des Glases und der Eisenstange zusammenzudrücken. Allein, wenn die ganze Maschine auf Glasfüßen, wie M, N, ruht, oder an seidenen Schnüren aufgehängt ist, so daß das Kissen keine Verbindung mit Körpern von offenen Poren hat, aus welchen ihm der entzogene Aether wieder ersetzt werden kann, so muß dasselbe bald an Aether erschöpft seyn, und die Electricität des Glases und der Stange wird nicht über eine gewisse kaum bemerkbare Stärke gebracht werden können, wenn nicht das Kissen ein enormes Volumen hat. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, setzt man das Reibkissen mit einer großen Metallmasse E in Verbindung, deren Aether ausreicht, um der Kugel und der Eisenstange soviel davon zuzuführen, daß er in ihnen einen bemerkbar hohen Grad der Zusammendrückung erlangt.

Hierdurch wird man, wie ich bereits die Ehre hatte Ew. H. zu erklären, die Kugel und die Stange positiv electrisch machen. Allein in dem Verhältnisse, in welchem Kugel und Stange mit Aether überladen werden, verliert das Kissen und die Metallmasse E denselben, und sie werden dadurch negativ electrisch, so daß wir hier beide Electricitäten zugleich haben: die positive in der Stange und die negative in der Metallmasse E. Jede bringt die ihr eigenthümlichen Erscheinungen hervor. Nähert man den Finger der Stange, so dringt aus ihr ein Funke in der Form eines Büschels hervor und man sieht einen leuchtenden Punkt am Finger; nähert man denselben aber der Metallmasse, so dringt das Büschel aus dem Finger gegen diese, und man sieht an ihr einen leuchtenden Punkt.

Nehmen wir an, zwei Menschen seyen auf Pechmassen gestellt, um sie außer Verbindung zu setzen mit Körpern, deren Poren offen sind; der eine berühre die Stange, der andere die Metallmasse, während die Maschine gedreht wird: so ist klar, daß jener, welcher die Stange berührt, positiv electrisch oder mit Aether überladen werden wird, während der andere, welcher die Metallmasse anfaßt, negative Electricität erhält und seines Aethers beraubt wird.

Wir haben also hier zwei, aber auf ganz entgegengesetzte Art electrisirte Menschen, obwohl beide durch dieselbe Maschine electrisirt wurden. Beide werden von einer electrischen Atmosphäre umgeben seyn, welche sich im Dunkeln ungefähr in der Form jenes Lichtscheines zeigen wird, in welchem die Maler die Heiligen vorstellen. Die Ursache hievon liegt darin, daß von dem einen der überflüssige Aether unmerklich in die umgebende Luft entweicht,

während sich der in der Luft enthaltene Aether unmerklich in den Körper des andern begibt. Dieser wenn gleich unmerkliche Uebergang ist doch von einer Erschütterung des Aethers begleitet, wodurch das Licht entsteht.

Es ist klar, daß diese beiden Electricitäten einander gerade entgegengesetzt sind; allein um den vollkommenen Beweis hiefür zu geben, brauchen diese beiden Menschen einander nur die Hand zu reichen, oder sich überhaupt nur zu berühren, und man wird aus ihnen sehr starke Funken herausfahren sehen, sie selbst aber werden einen sehr lebhaften Schmerz empfinden.

Wenn diese beiden Menschen auf dieselbe Art electrisch wären, was stattfände, wenn sie Beide die Stange oder die Metallmasse berührten, so könnten sie sich ungestraft anfassen, ohne die mindeste Spur von Funken oder Schmerz; weil dann der Aether in Beiden sich im gleichen Zustande befände, während im andern Falle ihr Zustand ein gänzlich entgegengesetzter ist. Den 25. Juli 1761.

Siebenzehnter Brief.

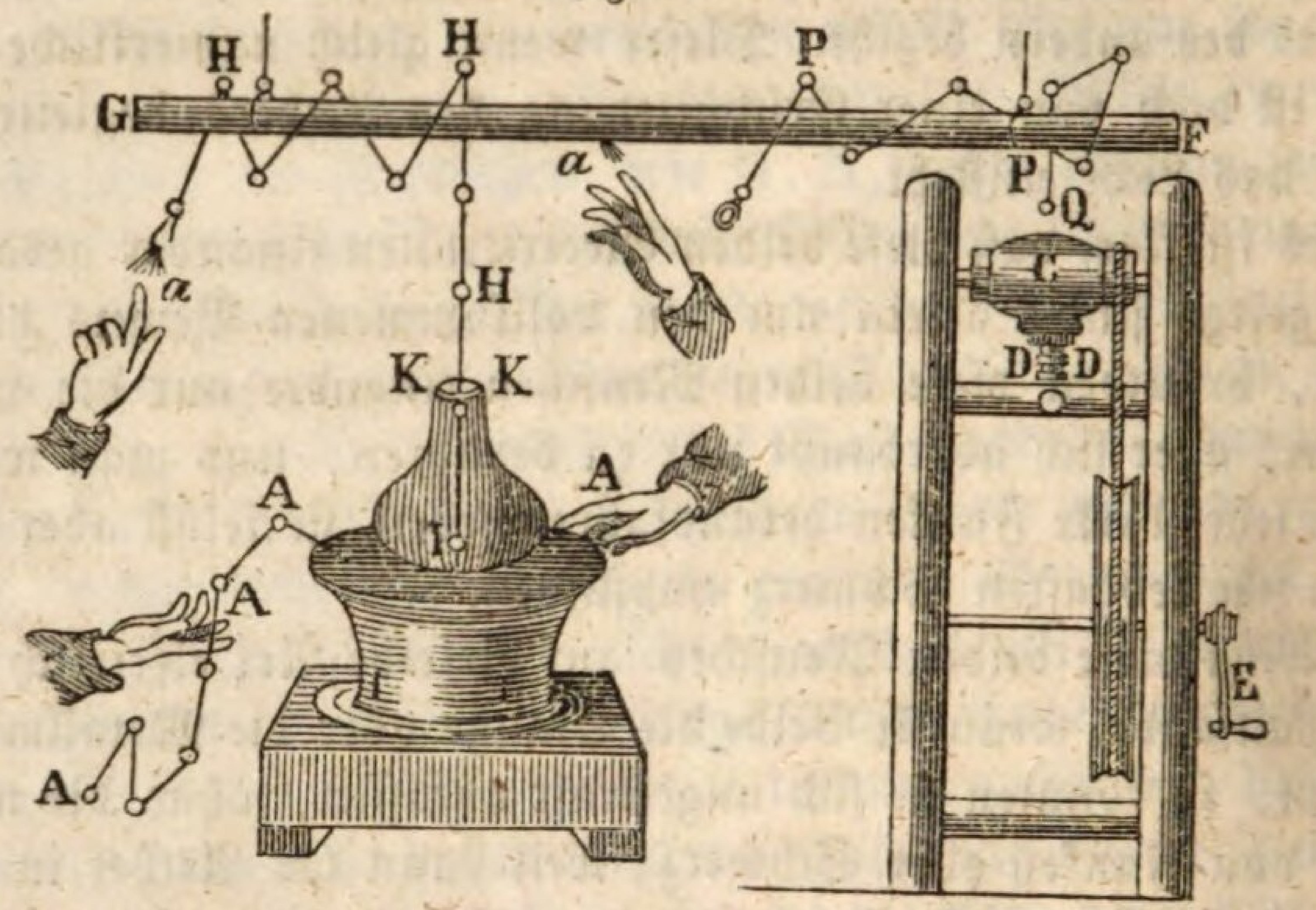
Von dem Leydner Versuche.

Ich werde nun Ew. H. über eine ganz eigenthümliche Erscheinung der Electricität unterhalten, welche sehr viel Aufsehen machte und unter dem Namen des berühmten Versuchs von Leyden bekannt ist, weil Herr Muschenbroek, Professor zu Leyden, ihn erfunden hat. Das Eigenthümliche dieses Versuchs besteht in der furchtbaren dadurch hervorgerufenen electrischen Kraft, deren ungemein heftige Schläge mehrere Personen zugleich empfinden können.

Fig. 48 wird Ew. H. in Stand setzen, diesen seltsamen Versuch kennen zu lernen. C ist die Glaskugel, welche durch die Kurbel E in Bewegung gesetzt und an dem Kissen DD gerieben wird; letzteres wird durch die Feder O gegen die Glaskugel angedrückt. In Q sind die metallenen Quasten, welche die Electricität mittelst der metallenen Kette P in die Eisenstange FG leiten.

Bis daher weicht Nichts von dem Verfahren ab, welches ich schon einigemal Ew. H. zu beschreiben die Ehre hatte. Allein um den gegenwärtigen Versuch zu machen, befestigt man noch eine weitere Metallkette H an die Stange, deren anderes Ende I man in den gläsernen mit Wasser gefüllten Kolben KK reichen läßt; der

Fig. 48.



Kolben selbst steht in dem gleichfalls mit Wasser gefüllten Becken LL. Man kann, wenn man will, in das Wasser des Beckens ebenfalls eine Kette tauchen, deren anderes Ende bis auf den Boden reicht.

Wenn nun Jemand, nachdem die Maschine einige Zeit gedreht wurde, um die Stange hinreichend elektrisch zu machen, derselben den Finger in a näherte, so wissen Ew. H., daß er durch den herausspringenden Funken den gewöhnlichen electrischen Schlag erhalten würde. Würde aber derselbe Mensch zu gleicher Zeit die andere Hand bei A in das Wasser des Beckens tauchen, oder mit einem Theile seines Körpers auch nur die in dasselbe tauchende Kette irgendwo berühren, so würde er einen unverhältnißmäßig stärkern Schlag erhalten, welcher eine Erschütterung seines ganzen Körpers bewirken würde.

Man kann diese Erschütterung selbst mehrere Personen zugleich empfinden lassen; sie brauchen sich zu diesem Ende nur die Hände zu reichen, ja es genügt, wenn sie einander nur an den Kleidern berühren. Die erste Person taucht dann ihre Hand in das Wasser des Beckens, oder berührt nur die darein getauchte Kette, und so wie die letzte Person ihren Finger der Stange nähert, bricht aus dieser ein viel stärkerer Funke hervor als gewöhnlich, und alle Personen erhalten in demselben Augenblick einen heftigen Schlag durch den ganzen Körper.

Das ist nun der berühmte Versuch von Leyden, der um so überraschender ist, als es schwer hält einzusehen, auf welche Weise

der Kolben und das Wasser des Beckens im Stande sind, die Wirkungen der Electricität so furchtbar zu verstärken. [1]

Achtzehnter Brief.

Betrachtungen über die Ursache und die Natur der Electricität, sowie über die übrigen Mittel sie hervorzubringen.

Nach den vorhergegangenen Erläuterungen werden Ew. H. nicht weiter in Ungewißheit seyn über die Ursache der wunderbaren Wirkungen, welche man bei den electrischen Erscheinungen beobachtet.

Die meisten Schriftsteller über die Electricität verwirren die Versuche so sehr, daß man am Ende rein Nichts versteht; vorzüglich ist dieses der Fall, wenn sie dieselben erklären wollen. Alle nehmen ihre Zuflucht zu einer gewissen feinen Materie, die sie die electrische Flüssigkeit nennen und der sie so seltsame Eigenschaften zuschreiben, daß sich unser Verstand darüber empört; und dennoch müssen sie am Ende gestehen, daß alle ihre Anstrengungen nichts weniger als zureichend sind, um uns eine gründliche Erkenntniß dieser so wichtigen Naturerscheinungen zu gewähren.

Allein nach dem, was ich Ew. H. zu entwickeln die Ehre hatte, ist es klar, daß die Körper nur electrisch werden, insoferne die Elasticität oder der Zustand der Zusammendrückung des in ihren Poren befindlichen Aethers nicht im Gleichgewicht ist, oder wenn derselbe in einigen mehr oder weniger zusammengepreßt ist, als in andern. Denn dann sucht sich die ungemeine Elasticität, welche dem Aether eigen ist, wieder mit Gewalt in's Gleichgewicht zu setzen und sich allenthalben wieder auf denselben Grad zu bringen, soweit die Beschaffenheit der Poren, welche in den verschiedenen Körpern ungleich geöffnet sind, dieses gestattet; und die wirkliche Wiederherstellung des Gleichgewichts ist es, welche die electrischen Erscheinungen bewirkt.

Wenn der Aether aus einem Körper, wo er mehr zusammengepreßt ist, entweicht, um sich in einen andern zu entladen, in welchem der Druck geringer ist, so wird dieser Uebergang immer durch die geschlossenen Poren der Luft erschwert; dadurch wird der Aether in eine gewisse Erschütterung oder heftig schwingende Bewegung

[1] Euler's Erklärung dieser Erscheinung stimmt mit später gemachten Erfahrungen nicht zusammen und die vollständige Erläuterung kann daher erst in dem Supplemente folgen.

versetzt, in welcher, wie wir wissen, das Licht besteht; je heftiger diese Bewegung ist, desto glänzender wird das Licht, und es wird selbst im Stande die Körper zu entzünden und zu verbrennen.

Während der Aether die Luft so gewaltsam durchbricht, werden deren Theilchen selbst dadurch ebenfalls in schwingende Bewegung versetzt, was die eigentliche Ursache des Schalles ist. Man bemerkt ja auch, daß die Erscheinungen der Electricität von einem Knistern oder von einem je nach den Umständen mehr oder weniger großen Geräusche begleitet sind.

Da die Körper der Menschen und Thiere in ihren *kleinsten* Poren mit Aether erfüllt sind, und überdieß die Thätigkeit der Nerven von diesem in ihnen enthaltenen Aether abzuhängen scheint, so können auch Menschen und Thiere keineswegs gegen die Electricität unempfindlich seyn; sobald der Aether in denselben in größere Bewegung kommt, muß der Erfolg ein merklicher seyn, und zwar je nach Umständen bald ein heilsamer, bald ein schädlicher. In die letztere Klasse müssen gewiß die furchtbaren Erschütterungen des Leydner Versuchs gezählt werden, und es unterliegt keinem Zweifel, daß dieser Versuch nicht auf einen für Menschen tödlichen Grad von Stärke gebracht werden könnte, denn in der That hat man dadurch schon eine Menge kleiner Thiere, wie Mäuse und Vögel, getödet.

Obgleich man sich gewöhnlich nur der Reibung bedient, um Electricität zu erregen, so sehen Ew. H. doch leicht ein, daß es noch andere Mittel hiefür geben könne. Alles, was im Stande ist, den in den Poren eines Körpers enthaltenen Aether entweder auf einen höhern oder niedern Grad von Druck, als den gewöhnlichen, zu bringen, macht diesen Körper zugleich electrisch; sind seine Poren geschlossen, so wird die Electricität einige Dauer haben, während sie in einem Körper mit offenen Poren sich nicht erhalten kann, es sey denn, daß er ringsum von Luft, oder andern Körpern mit geschlossenen Poren umgeben ist.

So bemerkt man, daß Erwärmung das Reiben ersetzt; läßt man Siegellack oder Schwefel in einem Löffel warm werden oder schmelzen, so sind diese Stoffe nach dem Erkalten sehr merklich electrisch. Der Grund hievon kann nicht verkannt werden, da wir wissen, daß die Wärme die Poren aller Körper erweitert. In der That sehen wir, daß alle Körper im warmen Zustande einen größern Raum einnehmen, als im kalten.

Ew. H. wissen, daß das Quecksilber in einem Thermometer in der Wärme steigt und in der Kälte sinkt; das Quecksilber nimmt

nämlich, wenn es erwärmt ist, einen größern Raum ein, oder füllt das Glas mehr an, als wenn es kalt ist. Aus demselben Grunde ist auch eine erhitzte Eisenstange immer etwas länger, als wenn sie kalt ist; diese Eigenschaft kommt allen uns bekannten Körpern zu.

Wenn wir nun eine Masse Siegellack oder Schwefel schmelzen, so werden ihre Poren erweitert und wahrscheinlich auch mehr geöffnet, und es muß also eine größere Menge Aethers in dieselben dringen, um sie zu füllen. Läßt man dann diese Stoffe erkalten, so verengern sich die Poren und schließen sich zugleich, so daß nun der Aether darin auf einen kleinern Raum gebracht und folglich mehr zusammengepreßt wird; hierdurch wird seine Elasticität erhöht. Diese Stoffe erlangen daher positive Electricität und sie zeigen auch die Erscheinungen derselben.

Eine ähnliche Eigenschaft bemerkt man an den meisten Edelsteinen; sie werden durch Erwärmung electrisch. Es gibt sogar auf Ceylon ein Mineral, Turmalin genannt, welches durch Reiben oder Erwärmen beide Arten von Electricität zugleich erlangt, weil der Aether auf der einen Seite des Minerals ausgetrieben wird, um jenen auf der andern mehr zusammenzudrücken, und die Poren desselben zu geschlossen sind, um die Herstellung des Gleichgewichts zu gestatten. Den 1. August 1761.

Neunzehnter Brief.

Ueber die Natur des Gewitters (Erklärung der alten Philosophen und von Descartes) und über die Aehnlichkeit zwischen den Erscheinungen desselben und jenen der Electricität.

Bisher habe ich die Electricität nur betrachtet, insoferne sie Gegenstand unserer Neugier und der Forschungen der Physiker ist; allein Ew. H. werden nun nicht ohne Staunen sehen, daß Donner und Blitz mit all den furchtbaren Erscheinungen, von welchen sie begleitet sind, auf der gleichen Ursache beruhen, und daß die Natur hier im Großen dasselbe vollführt, was der Physiker im Kleinen bei seinen Experimenten thut.

Anfänglich hielt man jene Philosophen für verrückt, welche zwischen den Erscheinungen des Gewitters und jenen der Electricität einige Aehnlichkeit zu finden glaubten, und man meinte, es geschehe dieses von ihnen nur deßhalb, um damit ihre Unwissenheit in Bezug auf die Ursache des Gewitters zu verdecken. Allein Ew. H.

werden bald überzeugt seyn, daß noch nie eine Vermuthung besser begründet war, als diese, und daß alle andern Erklärungen dieser großen Naturthätigkeit alles Grundes ermangeln.

In der That war alles, was man vor erlangter Kenntniß der Electricität über das Gewitter vorbrachte, durchaus ungereimt und nicht geeignet, uns auch nur über die unbedeutendste Erscheinung bei demselben aufzuklären.

Die alten Philosophen schrieben die Ursache davon schwefeligen und harzigen Dünsten zu, welche von der Erde aufsteigen, *sich mit* den Wolken vermengen und aus irgend einem Grunde *sich ent*zünden sollten.

Descartes, welcher bald das Unzureichende dieser Erklärung erkannte, ersann sich eine andere Ursache in den Wolken selbst, und glaubte, daß der Donner entstehe, wenn höhere Wolken plötzlich auf weiter unten befindliche herabfielen, indem durch diesen Fall die dazwischen befindliche Luft so sehr zusammengedrückt werde, daß sie ein solches Getöse hervorbringen und selbst Blitzschläge verursachen könne, obgleich er nicht im Stande war die Möglichkeit hievon nachzuweisen.

Allein ohne Ew. H. mit falschen Erklärungen, die doch zu Nichts führen, weiter aufzuhalten, beeile ich mich Ihnen mitzutheilen, daß man unwiderlegbare Beweise dafür aufgefunden hat, daß die Erscheinung des Gewitters stets mit den entschiedensten Zeichen von Electricität begleitet ist.

Man stellt nämlich eine Stange von Eisen oder einem andern Metalle auf eine Säule von Glas oder einem andern Stoffe mit geschlossenen Poren, damit, wenn die Stange Electricität erhält, diese nicht entweichen und sich dem Körper mittheilen könne, welcher die Stange unterstützt. Sobald nun ein Gewitter entsteht und die geladenen Wolken sich bis über die Stange heraufziehen, so findet man an dieser sehr starke Electricität, und zwar gewöhnlich stärkere, als man künstlich hervorbringen kann; so daß man bei der Annäherung der Hand oder eines andern Körpers mit offenen Poren nicht etwa einen Funken hervorbrechen sieht, sondern einen lebhaften Blitz mit donnerähnlichem Krachen, von welchem der Mensch, der die Hand hinhält, einen so gewaltigen Schlag empfängt, daß er ihn nicht aushalten kann. Dieß ist allerdings für bloße Neugierde zu viel, und man hat alle Ursache auf seiner Hut zu seyn und sich der Stange während eines Gewitters nicht zu nähern.

Ein Professor von Petersburg, Namens Richmann, hat uns

in dieser Beziehung ein trauriges Beispiel geliefert. Sobald man sich von der engen Verbindung zwischen den Erscheinungen des Donners und der Electricität überzeugt hatte, ließ dieser unglückliche Naturforscher, um sich davon durch Versuche noch mehr zu versichern, eine Eisenstange auf dem Dache seines Hauses errichten, die in eine Glasröhre gesteckt und außerdem noch durch eine Pechmasse gestützt war. Er knüpfte an die Stange einen Messingdraht, den er in sein Zimmer leitete, damit, sobald die Stange Electricität erhielte, diese sich dem Drahte mittheilen und er deren Wirkungen in seinem Zimmer untersuchen könnte. Ew. H. begreifen von selbst, daß dieser Messingdraht so durch die Oeffnungen geführt wurde, daß er nirgends andere Körper berührte, als solche mit geschlossenen Poren, wie Glas, Pech oder Seide, damit die Electricität nicht daraus entweichen konnte.

So ausgerüstet erwartete er ein Gewitter, welches sich zu seinem Unglücke bald einfand. Man hörte von ferne donnern, und Richmann beobachtete seinen Messingdraht sehr aufmerksam, um zu sehen, ob er nicht Zeichen von Electricität daran entdecken könne. Da sich das Gewitter mehr näherte, so sah er wohl ein, daß Vorsicht nöthig seye und man sich nicht verwegen dem Drahte nähern dürfe; allein unglücklicherweise brachte er doch seine Stirne etwas in die Nähe und erhielt unter einem starken Blitze einen so furchtbaren Schlag, daß er plötzlich todt niederfiel.

Um dieselbe Zeit wollten der verstorbene Dr. Lieberkühn und Dr. Ludolf hier ähnliche Versuche machen, und hatten hiezu auf ihren Häusern ebenfalls Eisenstangen errichtet; allein sobald sie von dem unglücklichen Ende Richmanns gehört hatten, nahmen sie eilig die Stangen herunter, und ich glaube, sie thaten sehr klug daran.

Ew. H. werden daraus leicht schließen, daß die atmosphärische Luft während eines Gewitters sehr electrisch werden oder der Aether darin auf einen hohen Grad zusammengepreßt seyn muß. Dieser Aether, womit die Luft überladen ist, geht vermöge ihren offenen Poren in die Stange über und macht sie electrisch, wie wenn sie auf die gewöhnliche Weise electrisirt worden wäre, allein in einem viel höhern Grade.

Den 4. August 1761.

Zwanzigster Brief.

Erklärung der Erscheinungen von Blitz und Donner.

Die Versuche, welche ich in meinem letzten Briefe erwähnt habe, beweisen unwidersprechlich, daß die Gewitterwolken in hohem Grade electrisch und folglich ihre Poren mit Aether überladen oder dessen beraubt sind, da beide Zustände der Electricität entsprechen. Allein ich habe sehr gute Gründe, anzunehmen, daß ihre Electricität positiv ist und daß der Aether in ihnen in höherem Grade *zusammengedrückt*, folglich elastischer ist, als in ihrer Umgebung.

Gewöhnlich stellen sich Gewitter nur nach einer großen Hitze ein: dann sind die Poren der Luft und der in ihr schwebenden Dünste außerordentlich erweitert und mit einer erstaunlichen Menge von Aether erfüllt, welcher, wie Ew. H. wissen, leicht die leeren Zwischenräume anderer Stoffe erfüllt. Allein wenn sich die Dünste in den höhern Regionen unserer Atmosphäre sammeln, um dort Wolken zu bilden, so treffen sie daselbst große Kälte an. Hieran kann man schon des Hagels wegen, der sich oft in diesen Regionen bildet, nicht zweifeln, was ja hinlänglich ein Gefrieren beweiset; außerdem ist es aber gewiß, daß es in der Höhe immer sehr kalt sey, wenn es auch hier unten noch so warm ist. Darin liegt auch der Grund, warum die hohen Berge immer mit Schnee bedeckt sind; selbst in Peru, welches das heißeste Land der Erde ist, sind die unter dem Namen Cordilleren bekannten hohen Gebirge mit Schnee und Eis bedeckt.

Nichts ist daher gewisser und besser bewiesen, als die große Kälte, welche überall in den obern Theilen unserer Atmosphäre, wo die Wolken sich bilden, herrscht. Ebenso gewiß ist aber auch, daß die Kälte die Poren der Körper verengert, indem sie diese auf ein kleineres Volumen zurückführt; so bald daher die Dünste in der Höhe zu Wolken werden, müssen auch ihre durch die Hitze sehr erweiterten Poren sich zusammenziehen; weil nun der sie erfüllende Aether nicht entweichen kann, indem die Poren der Luft beinahe gänzlich geschlossen sind, so muß er darin auf einen höhern Grad der Dichte gebracht und dadurch seine Elasticität in demselben Grade vermehrt werden.

Das ist also der wahre Zustand der Gewitterwolken; der in ihren Poren enthaltene Aether ist sehr viel elastischer als gewöhnlich, oder, was dasselbe ist, sie sind positiv electrisch. Da die Wolken nur eine Anhäufung feuchter Dünste sind, so haben sie zwar

sehr offene Poren, allein sie sind von Luft umgeben, welche sehr verschlossene Poren hat, und darum kann der in ihren Poren zusammengepreßte Aether nur sehr unmerklich aus ihnen entweichen. Allein wenn ein Mensch, oder ein anderer Körper mit offenen Poren, sich einer solchen Wolke näherte, so würde man dieselben Erscheinungen wahrnehmen, welche uns die Electricität zeigt: es würde ein Funke hervorbrechen, allein es wäre ein sehr starker Funke, oder vielmehr ein wirklicher Blitz; außerdem würde dieser Körper einen sehr heftigen Schlag erhalten, der Gewalt wegen, mit welcher der Aether der Wolke in seine Poren eindränge. Diese Gewalt könnte wohl die Structur des Körpers zerstören, und weil die furchtbare Erschütterung des aus der Wolke entweichenden Aethers nicht nur Licht, sondern wirkliches Feuer ist, so würde er auch im Stande seyn, brennbare Körper zu entzünden und zu verbrennen.

Ew. H. erkennen hieran vollkommen die Erscheinung des Blitzschlages; was aber den Donner betrifft, so ist seine Ursache sehr klar; denn der Aether könnte nicht in so furchtbare Bewegung versetzt werden, ohne daß nicht auch die Luft die lebhaftesten Stöße erhielte, welche sie in starke Erschütterung versetzen und dadurch nothwendig ein großes Geräusch hervorbringen müssen. Der Donner entsteht also jedesmal, wenn der in einer Wolke enthaltene Aether mit Gewalt zu einem solchen Körper mit offenen Poren durchdringen kann, in welchem der Aether sich im natürlichen Zustande befindet; es ist dabei nicht einmal nöthig, daß dieser Körper die Wolke unmittelbar berühre.

Was ich über die Atmosphäre der electrischen Körper gesagt habe, findet nun bei den electrischen Wolken ganz ausgezeichnet statt, und wir bemerken dieselbe mitunter während eines Gewitters durch das erschwerte Athmen, wogegen manche Personen sehr empfindlich sind. In Folge der electrischen Atmosphäre geschieht es, daß, wenn eine electrische Wolke sich in Regen aufzulösen beginnt und die dadurch feucht gewordene Luft mit der nämlichen Electricität geladen wird, dadurch der electrische Schlag auf sehr entfernte Körper geleitet wird.

Man beobachtet, daß der Blitz sehr leicht stark hervorragende Gegenstände trifft, wie die Spitzen der Glockenthürme, wenn diese aus einem Stoffe mit offenen Poren, wie aus Metall, bestehen; eine zugespitzte Gestalt trägt ebenfalls nicht wenig dazu bei. Der Blitz schlägt auch leicht in das Wasser, dessen Poren ebenfalls offen

sind; aber Körper mit geschlossenen Poren, wie Glas, Pech, Schwefel und Seide sind demselben nicht so leicht ausgesetzt, sie müßten denn etwa sehr naß geworden seyn. Man bemerkt auch, daß wenn der Blitz durch ein Fenster fährt, er nicht durch das Glas, sondern durch das Blei dringt, welches die Scheiben verbindet. Man könnte beinahe versichern, daß ein gläsernes Haus, welches durch Pech oder andere Stoffe mit geschlossenen Poren zusammengefügt wäre, uns vor den Wirkungen des Blitzes schützen würde [1].

Den 8. August 1761.

Einundzwanzigster Brief.

Fortsetzung der Erklärung des Gewitters.

Donner und Blitz sind also nichts anderes, als die Folge der Electricität der Wolken, und sowie ein electrischer Körper, wenn er sich einem andern im natürlichen Zustande befindlichen Körper nähert, unter Geräusch einen Funken gegen diesen entsendet und den Ueberschuß seines Aethers mit großer Heftigkeit auf ihn entladet, so findet auch dasselbe bei einer electrischen mit Aether überladenen Wolke statt; nur mit unvergleichbar größerer Gewalt, weil die electrisirte Masse ungeheuer groß und der Aether darin aller Wahrscheinlichkeit nach viel mehr zusammengepreßt ist, als wir dieses mit unsern Electrisirmaschinen zu thun vermögen.

Wenn daher eine solche Wolke sich Körpern nähert, in welche sie ihren Aether entladen kann, so muß diese Entladung mit furchtbarer Gewalt stattfinden; anstatt von einem einfachen Funken wird die Luft von einem mächtigen Blitze durchbrochen, welcher den Aether der ganzen benachbarten Gegend der Luft erschüttert und darin ein sehr lebhaftes Licht erzeugt, und darin besteht eben der Blitz.

Allein zu gleicher Zeit wird auch die Luft selbst in eine sehr starke mit Schwingungen verbundene Bewegung versetzt, wodurch das Getöse des Donners entsteht. Dieses Getöse entsteht freilich zu gleicher Zeit mit dem Blitze, allein Ew. H. wissen, daß der Schall,

[1] Diese Versicherung wäre nicht ganz gegründet, und es genügt unter den Erfahrungen, welche beweisen, daß der Blitz Hüllen von Glas nicht immer respectirt, die folgende anzuführen: Im Jahre 1824 traf der Blitz das Haus des Wilhelm Bremmer zu Milton of Comage, und man fand eine der Glasscheiben des Fensters von einem kreisrunden Loche von der Größe einer Flintenkugel durchbohrt, während auf der ganzen übrigen Scheibe sich kein Riß zeigte.

um bis auf eine bestimmte Entfernung fortgepflanzt zu werden, immer auch eine gewisse Zeit erfordert, und daß er in der Sekunde nicht mehr als ungefähr tausend Fuß zurücklegt, während das Licht sich mit unvergleichbar größerer Geschwindigkeit fortpflanzt. Darum hören wir den Donner immer später, als wir den Blitz sehen, und wir können aus der Zahl der Sekunden, welche zwischen Blitz und Donner verfließen, die Entfernung beurtheilen, in welcher der Donner hervorgebracht wurde, indem wir tausend Fuß für jede Sekunde zählen.

Der Körper selbst aber, in welchen sich die Wolke entladet, erhält dadurch den gewaltigsten Schlag, von dem er bald in Stücke zerschmettert, bald entzündet und verbrannt wird, wenn er brennbar, oder geschmolzen wird, wenn er ein Metall ist; von einem solchen Körper sagt man, er sey vom Blitze getroffen worden; und so überraschend und seltsam auch die Wirkungen davon sind, so stimmen sie doch vollkommen mit den bekannten Erscheinungen der Electricität überein.

Man hat schon in ihrer Scheide vom Blitze geschmolzene Degen gefunden, ohne daß die Scheide beschädigt war; der Grund hievon liegt natürlich in den offenen Poren des Metalls, in welche der Aether leicht eindringt und seine Wirkung äußert, während die Substanz der Scheide mehr die Natur der Körper mit geschlossenen Poren hat, welche dem Aether keinen so freien Eintritt gestatten.

Zuweilen sah man schon von mehreren Personen, auf welche der Blitz schlug, nur einzelne von demselben getroffen, während andere, welche sich mitten zwischen jenen befanden, keinen Schaden gelitten haben. Auch hievon ist die Ursache klar. Unter solchen Menschen sind nämlich jene der größten Gefahr ausgesetzt, in deren Umgebung die Luft am meisten mit Aether überladen ist; wenn nun der Aether in einen solchen Menschen sich entladen hat, so kehrt die benachbarte Luft in ihren natürlichen Zustand zurück und die diesem Unglücklichen zunächst stehenden Personen empfinden daher keine Einwirkung des Blitzes; während andere, welche von ihm entfernter sind, wo die Luft noch hinlänglich mit Aether überladen ist, von demselben Blitzschlage getroffen werden.

Ueberhaupt enthalten alle die seltsamen Erscheinungen, welche man manchmal von der Wirkung des Blitzes erzählt, Nichts, was sich nicht leicht mit der Natur der Electricität in Uebereinstimmung bringen ließe.

Es gab Philosophen, welche behaupteten, der Blitz komme nicht

aus den Wolken, sondern aus der Erde, oder aus den Körpern auf derselben. So seltsam diese Meinung auch klingt, so ist dieselbe doch nicht so ungereimt, weil es bei den electrischen Erscheinungen schwer ist zu entscheiden, ob der Funke von dem electrischen oder von dem nicht electrischen Körper kommt, insofern er nämlich den Raum zwischen beiden gleichförmig ausfüllt; und wenn die Electricität negativ ist, fahren Aether und Funke wirklich von nicht electrischen Körpern aus. Allein da wir ziemlich gewiß wissen, daß die Gewitterwolken positiv electrisch sind, so ist es auch gewiß, daß der Blitz von den Wolken ausfährt.

Endlich würden Ew. H. noch mit Recht fragen, ob bei jedem Blitze irgend ein Körper auf der Erde von demselben getroffen werde? Wir sehen in der That, daß der Blitz im Ganzen nur ziemlich selten Menschen und Gebäude trifft, aber wir wissen auch, daß sehr oft Bäume davon getroffen werden, und viele Blitzschläge in die Erde und das Wasser gehen. Indessen glaube ich, daß man wohl behaupten könne, eine Menge von Blitzschlägen dringe nicht zu uns herunter, und die Electricität der Wolken entlade sich oft in die Luft [1]. Die Geschlossenheit der Poren der Luft setzt diesem kein Hinderniß mehr entgegen, sobald durch Dünste oder Regen die Luft hinlänglich feucht geworden ist, denn dann öffnen sich ihre Poren, wie wir wissen.

Unter diesen Umständen kann es sich wohl treffen, daß der überschüssige Aether der Wolken sich einfach in die Luft entladet und manche Blitzschläge in die Luft gehen, welche dann nicht so stark und von keinem so großen Getöse des Donners begleitet seyn werden, als wenn der Blitz bis auf die Erde fährt, wo die Luft in viel größerer Ausdehnung erschüttert wird.

Ich glaube, daß diese Bemerkungen nicht wenig dazu beitragen

[1] Die folgende Thatsache unterstützt Euler's Ansicht, indem sie zeigt, daß die Blitze mitunter aus der obern Fläche der Wolken hervorbrechen und sich in der Luft von unten nach oben fortpflanzen. In Steiermark ist ein sehr hoher Berg mit Namen St. Ursulaberg, auf dessen Gipfel sich eine Kirche befand. Den 1. Mai des Jahrs 1700 bildeten sich sehr dichte und schwarze Wolken etwa in der halben Höhe des Berges, welche bald der Heerd eines heftigen Gewitters wurden. Der Himmel blieb fortan heiter über dem Gipfel des Berges und die Sonne leuchtete im schönsten Glanze. Man konnte sich daher in der Kirche in vollkommener Sicherheit glauben, und doch tödtete ein aus den tieferliegenden Wolken herauffahrender Blitz sieben Personen in der Kirche. (**Ann. du Bureau des Longitudes, 1838.**)

werden, die Natur des Donners besser zu erklären und seine innige Verknüpfung mit der Electricität zu zeigen.

Den 11. August 1761.

Zweiundzwanzigster Brief.

Ueber die Möglichkeit, den nachtheiligen Wirkungen des Blitzes vorzubeugen und sie abzuwenden.

Man fragt, ob es nicht möglich sey, den traurigen Wirkungen des Blitzes vorzubeugen oder sie abzuwenden? Ew. H. kennen die Wichtigkeit dieser Frage, und wie sehr wären mir nicht so viele ehrenhafte Leute verbunden, wenn ich ihnen ein sicheres Schutzmittel gegen den Blitz angeben könnte!

Die Kenntniß der Eigenschaften und Wirkungen der Electricität läßt mich an der Möglichkeit der Sache nicht zweifeln. Ich stand früher in brieflicher Verbindung mit einem Geistlichen aus Mähren, Namens Procopius Divisch, welcher mich versicherte, er habe während eines ganzen Sommers alle Gewitter von seinem Wohnorte und dessen Umgebung abgewendet, und zwar mittelst einer gewissen auf die Gesetze der Electricität gegründeten Maschine. Einige Personen, welche seither aus jener Gegend kommen, haben mich versichert, daß die Sache wahr und hinlänglich erwiesen seye.

Wenn die Sache sich indessen auch bewähren sollte, so würde es doch viele Personen geben, welche über die Zuläßigkeit eines solchen Mittels Zweifel haben würden. In der That würden die alten Heiden denjenigen für gottlos gehalten haben, welcher es unternommen hätte, Jupiter in der Handhabung seiner Blitze aufzuhalten. Die Christen, welche wissen, daß der Blitz Gottes Werk ist, und daß die göttliche Vorsehung sich desselben oft bedient, um die Bosheit der Menschen zu bestrafen, könnten wohl ebenso sagen, daß es gottlos sey, sich der höchsten Gerechtigkeit widersetzen zu wollen.

Allein ohne mich in diese kitzliche Frage einzulassen, bemerke ich nur, daß auch Feuersbrünste und Ueberschwemmungen und die übrigen Unglücksfälle gleicherweise Mittel sind, deren sich die Vorsehung zur Bestrafung der Sünden der Menschen bedient; dennoch würde es Niemand einfallen, uns allen Widerstand gegen Feuersbrünste und Ueberschwemmungen zu verbieten. Daraus schließe ich, daß es uns immerhin wohl erlaubt sey, uns gegen die Wirkungen des Blitzes zu schützen, wenn wir es nur im Stande sind.

Das traurige Ereigniß, welches dem Professor Richmann in Petersburg wiederfuhr [1], läßt uns erkennen, daß der Blitzschlag, welchen jener Mann sich zuzog, wahrscheinlich irgend einen andern Ort getroffen haben würde, welcher also durch diesen Zufall davor beschützt wurde; man kann also nicht daran zweifeln, daß möglicher Weise der Blitz bestimmt werden könne, einen Ort eher zu treffen, als einen andern; und dieses scheint uns zum Ziele führen zu können.

Allerdings wäre es noch besser, wenn wir den Wolken *ihre* Electricität entziehen könnten, ohne genöthigt zu seyn, irgend *einen* Ort der Wuth des Blitzes zu opfern. Hiedurch würde man den Blitzschlägen selbst zuvorkommen, welche so vielen Leuten großen Schrecken verursachen. Dieses scheint mir nicht unmöglich, und augenscheinlich hat sich der erwähnte Priester aus Mähren eines solchen Mittels bedient; denn man hat mich versichert, daß seine Maschine die Wolken anzuziehen und sie zu zwingen schien, sich ruhig durch einen Regen herabzulassen, ohne daß man einen einzigen Donner hörte, außer etwa von ferne her.

Der Versuch mit einer sehr hohen Eisenstange, welche bei der Annäherung eines Gewitters electrisch wird, wovon ich früher gesprochen habe, kann uns zu dem Bau einer solchen Maschine Anleitung geben, weil es gewiß ist, daß in dem Maaße, als die Stange ihre Electricität entladet, die Wolken genau ebensoviel derselben verlieren müssen. Allein man muß es hiebei so einrichten, daß die Stangen sich auch sogleich der einmal angezogenen Electricität wieder entladen können.

Zu diesem Ende müßte man die Stangen in offene Verbindung mit einem Teiche, oder den Eingeweiden der Erde setzen, welche vermöge ihrer offenen Poren eine viel größere Quantität von Aether aufzunehmen und in der ganzen ungeheuren Erdmasse zu vertheilen im Stande sind, damit die Zusammendrückung des Aethers nirgends bemerkbar werde. Diese Verbindung läßt sich sehr bequem durch eiserne oder überhaupt metallene Ketten herstellen, welche sehr schnell den Aether, womit sich die Stangen beladen, ableiten werden.

Ich würde also rathen, an stark erhabenen Orten eine sehr dicke Eisenstange, und selbst mehrere zu errichten; es wäre sehr zweckmäßig, wenn sie eine zugespitzte Form hätten, weil diese für die

[1] Der Kupferstecher Sokolow war neben ihm, fiel ebenfalls um, kam aber nach einer Ohnmacht von wenigen Augenblicken wieder zu sich.

Anziehung der Electricität besonders geeignet ist. An die Stangen würde ich lange eiserne Ketten befestigen, welche ich unter der Erde bis zu einem Teiche, See oder Bach führen würde, damit sie dort ihre Electricität entladen könnten. Ich zweifle nicht, daß man nach einigen Versuchen bald die geeigneten Mittel fände, wodurch diese Maschinen bequemer und sicherer würden.

Es ist sehr gewiß, daß bei der Annäherung eines Gewitters der Aether, womit die Wolken überladen sind, reichlich in die Stangen übertreten, und diese sehr electrisch machen würde, wenn die Ketten denselben nicht freien Durchgang verschafften, so daß er sich in das Wasser und in die Eingeweide der Erde zerstreuen kann.

Der Aether der Wolken würde also fortwährend stille in die Stangen übergehen und dabei durch seine Erschütterung Licht erregen, welches an der Spitze dieser Stangen zu sehen wäre.

Man bemerkt während eines Gewitters an der Spitze der Kirchthürme oft solches Licht, was ein sicheres Zeichen dafür ist, daß der Aether einer Wolke sich dort stille entladet. Jedermann betrachtet dieses auch als ein gutes Zeichen, welches viele Donnerschläge verhütet.

Auf der See beobachtet man an der Spitze der Masten ebenfalls oft solche Lichter, welche den Seefahrern unter dem Namen Castor und Pollux bekannt sind, und wenn man sie sieht, so hält man sich gegen Blitzschläge gesichert.

Die Mehrzahl der Philosophen rechnet diese Erscheinungen unter den Aberglauben des Volkes; allein wir erkennen jetzt, daß diese Ansicht des Volkes nicht ungegründet, sondern unendlich besser begründet ist, als die Mehrzahl der Träumereien der Philosophen. Den 15. August 1761.

Dreiundzwanzigster Brief.

Ueber die berühmte Aufgabe der geographischen Länge. Allgemeine Beschreibung der Erde; von ihrer Axe, ihren Polen und dem Aequator.

Ew. H. werden ohne Zweifel denken, es dürfte einmal Zeit seyn, die Electricität zu verlassen, auch habe ich in der That diesem Gegenstande nichts mehr beizufügen; allein ich bin nicht wenig in Verlegenheit, einen der Aufmerksamkeit Ew. H. würdigen Stoff zu finden.

Ich glaube, daß ich bei meiner Wahl besonders solche Gegen-

stände berücksichtigen soll, welche für unser Wissen überhaupt wichtiger sind, und welche sehr oft von Schriftstellern erwähnt werden; dieses sind Gegenstände, von welchen man verlangen kann, daß Personen von Stande hinlänglich darin unterrichtet seyen.

Ew. H. haben ohne Zweifel schon oft von der berühmten Aufgabe der Bestimmung der Länge reden hören, auf deren Lösung die Engländer einen großen Preis gesetzt haben, und ich glaube daher, meine Kenntnisse sehr gut zu verwenden, wenn ich sie benütze, um Ew. Hoheit über diese wichtige Aufgabe eine klare Ansicht zu verschaffen. Sie ist ohnehin zu enge mit der Kenntniß unseres Erdballs verknüpft, als daß man sie übersehen dürfte. Es wird mir dieses zur Erklärung einer Menge anziehender Gegenstände Gelegenheit geben, über welche in's Klare zu kommen Ew. H. gewiß erfreut seyn werden.

Ich beginne daher mit einer allgemeinen Beschreibung der Erde, die man als eine Kugel betrachten kann, obgleich man in letzter Zeit gefunden hat, daß ihre wahre Form die eines, wenn schon nur wenig abgeplatteten Sphäroids ist; allein der Unterschied ist so klein, daß wir ihn vor der Hand wohl vernachlässigen können [1].

Zuerst haben wir auf dem Erdballe die zwei Punkte ihrer Oberfläche zu bemerken, welche man die beiden Pole der Erde nennt. Um diese beiden Punkte dreht sich der Erdball täglich so, wie man eine Kugel zwischen den beiden Spitzen einer Drehbank umlaufen läßt; diese Bewegung heißt die tägliche Bewegung der Erde, und jede Umdrehung vollendet sich in ungefähr vierundzwanzig Stunden. Oder wenn wir nach dem Augenscheine reden wollen, so wissen Ew. H., daß der ganze Himmel, den wir als eine hohle Kugel betrachten, in deren Mitte sich die Erde befindet, in derselben Zeit von vierundzwanzig Stunden sich um die Erde zu drehen scheint; auch diese Bewegung geschieht um zwei feste Punkte des Himmels, die man die Himmelspole nennt. Wenn wir uns nun eine gerade Linie von einem dieser Himmelspole zum andern denken, so geht diese durch die Mitte der Erde.

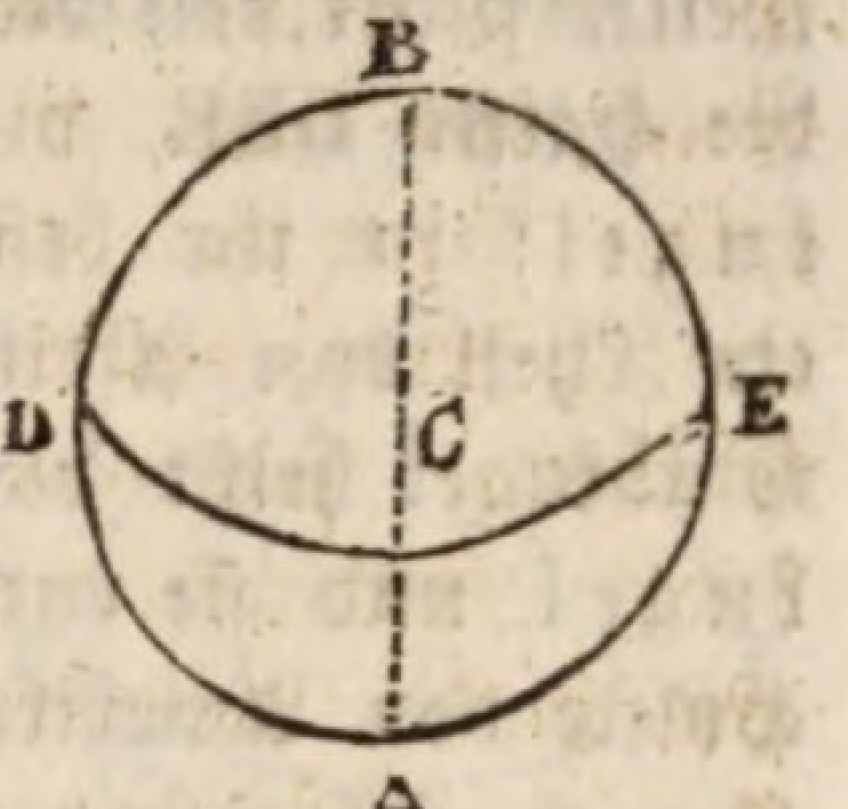
Allein Ew. H. begreifen leicht, daß die Erscheinung dieselbe seyn muß, ob die Erde um ihre Pole sich dreht und der Himmel

[1] Das Verhältniß zwischen dem kleinsten und größten Durchmesser dieses Sphäroids ist 298 zu 299, ihr Unterschied beträgt daher $^1/_{299}$ des größeren, das ist: etwas mehr als $^1/_{300}$. Dieses ist also das Maaß der Abplattung.

in Ruhe bleibt, oder ob der Himmel sich um seine Pole dreht, und die Erde in Ruhe bleibt. Die eine wie andere Betrachtung führt zur Erkenntniß der Pole der Erde, auf welche sich nicht nur die Astronomie, sondern auch die Geographie gründet.

Es stelle Fig. 49. die Erdkugel vor, deren Pole die Punkte A und B seyen; der eine dieser Pole, A, heißt der südliche, mittägliche oder auch der antarktische Pol. Den anderen Pol, B, nennt man den nördlichen, mitternächtlichen oder auch den arktischen Pol; dieser letztere liegt den von uns bewohnten Gegenden näher.

Fig. 49.



Ich bemerke, daß diese beiden Pole einander gerade entgegengesetzt sind, oder, wenn man von dem einen zum andern in der Erde eine gerade Linie AB zöge, so gienge diese durch die Mitte C, d. h. durch den Mittelpunkt der Erde. Diese gerade Linie AB hat auch ihren Namen und heißt die Erdaxe; verlängert man sie beiderseits bis an den Himmel, so bezeichnet sie dort die Himmelspole, welche dieselben Namen führen, wie die Pole der Erde.

Diese beiden Pole sind keine bloße Erdichtung, noch eine Annahme der Astronomen und Geographen, es sind vielmehr sehr wesentliche auf der Oberfläche unserer Erde bezeichnete Punkte: denn wir wissen, daß die Gegenden um so rauher und kälter werden, je mehr wir uns diesen beiden Punkten nähern, so daß die Länder um dieselben, der außerordentlichen Kälte wegen, welche dort während des Winters herrscht, durchaus unbewohnbar sind; auch kennt man kein Beispiel, daß ein Reisender oder ein Schiff bis zu einem dieser Pole hätte gelangen können. Man kann daher sagen, daß diese beiden Orte der Erde durchaus unzugänglich sind.

Nachdem nun so die beiden Pole der Erde, A und B, bestimmt sind, denkt man sich die ganze Erde in zwei Halbkugeln, wie DBE und DAE getheilt, deren eine jede auf ihrem Gipfel einen Pol hat. Man muß hiezu die Erde durch ihren Mittelpunkt C schneiden, so daß der Schnitt senkrecht zu ihrer Axe ist; dieser Schnitt wird rings um die Erde einen Kreis bezeichnen, der überall gleichweit von den beiden Polen absteht. Dieser Kreis, welcher die Mitte der Erde umfängt, heißt der Aequator; die Länder in seiner Nähe sind die heißesten, und darum beinahe unbewohnbar, wie die Alten glaubten; allein man hat sie jetzt ziemlich bewohnt gefunden, obgleich die Hitze daselbst beinahe unerträglich ist.

Entfernt man sich vom Aequator beiderseits gegen die Pole, so wird die Wärme der Gegenden immer mehr und mehr gemäßigt, bis endlich die Kälte unerträglich wird, wenn man sich zusehr den Polen nähert.

Jede der beiden Hälften, in welche der Aequator die Erde theilt, führt den Namen des in ihr befindlichen Pols. So heißt die Hälfte DBE, die den Nordpol enthält, die nördliche Halbkugel; in ihr befindet sich ganz Europa, beinahe ganz Asien, ein Theil von Afrika und die Hälfte von Amerika. Die andere Halbkugel heißt die mittägliche, oder die südliche Halbkugel und sie enthält den größten Theil von Afrika, die andere Hälfte von Amerika und mehrere zu Asien gezählte Inseln, wie Ew. H. sich von der Weltkarte erinnern werden.

Den 18. August 1761.

Vierundzwanzigster Brief.

Von der Größe der Erde, den Meridianen und dem kürzesten Wege zwischen zwei Punkten der Erde.

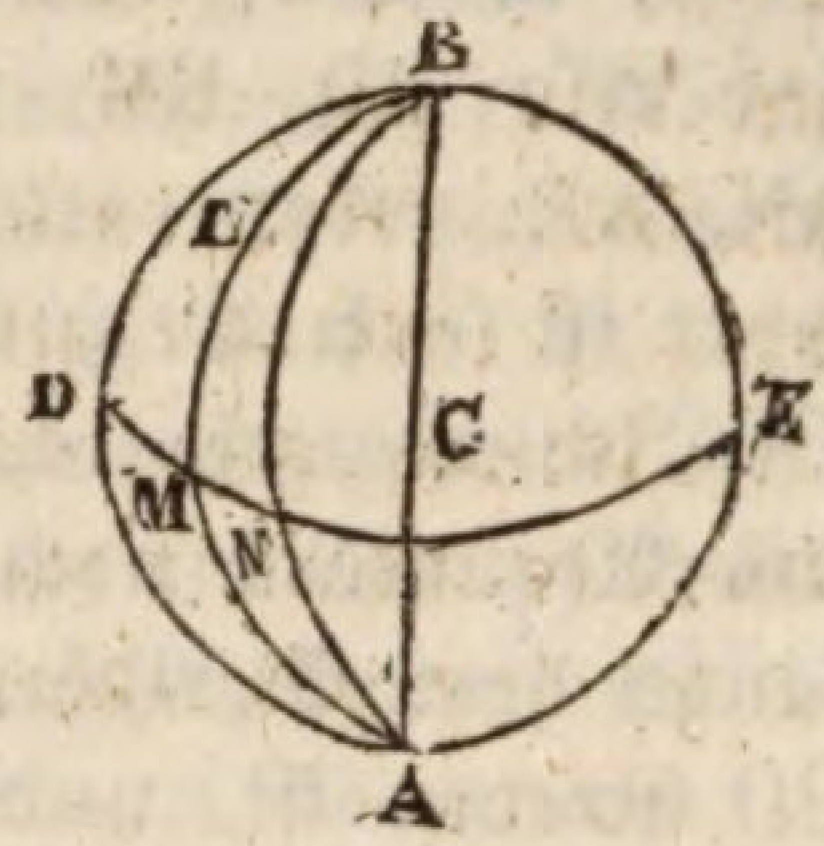
Nachdem nun der Begriff der Pole und des Aequators der Erde, welche sich Ew. Hoheit besser selbst auf einer Kugel vorstellen können, als ich es durch eine Figur zu thun vermag, gehörig festgestellt ist, so ergeben sich die noch weiter nöthigen Begriffe sehr leicht.

Indessen muß ich noch einige umfassendere Erläuterungen beifügen. Da die Erdaxe von Pol zu Pol durch den Mittelpunkt geht, so ist sie ein Durchmesser der Erde, und folglich noch einmal so groß als ein Halbmesser; man schätzt den Halbmesser der Erde, oder die Entfernung eines jeden Punktes der Oberfläche vom Mittelpunkte, auf 860 deutsche Meilen, und die Erdaxe mißt also 1720 deutsche Meilen. Da ferner der Aequator ein Kreis ist, der seinen Mittelpunkt im Mittelpunkte der Erde hat, und folglich sein Halbmesser dem Halbmesser der Erde gleich ist, nämlich gleich 860 Meilen, so beträgt auch der Durchmesser des Aequators 1720 Meilen und sein Umfang 5400 Meilen; d. h. wenn man längs dem Aequator die Reise um die Erde machen wollte, so hätte man einen Weg von 5400 Meilen zurückzulegen. Hiernach kann man sich von der Größe der Erde leicht einen Begriff machen.

Da der Aequator ein Kreis ist, so theilt man ihn in 360

gleiche Theile, die Grade heißen, demnach enthält ein Grad des Aequators genau 15 deutsche Meilen, denn 15mal 360 macht 5400. Jeder Grad ist weiter in 60 gleiche Theile getheilt, welche Minuten heißen, von denen also jede ein Viertheil einer deutschen Meile, oder ungefähr 6000 Fuß lang ist; eine Sekunde aber, d. h. der sechszigste Theil einer Minute, mißt 100 Fuß [1].

Fig. 50.



Bei der Unmöglichkeit, eine Kugel auf dem Papier anders, als durch einen Kreis (Fig. 50.) vorzustellen, mögen Ew. H. im Folgenden mit Ihrer Einbildungskraft nachhelfen. Sind also B, A, die Pole der Erde, B der nördliche, A der südliche, so wird DMNE den Aequator vorstellen, oder vielmehr seine uns zugekehrte Hälfte, da die andere Hälfte des Aequators auf der entgegengesetzten Seite und uns verdeckt ist.

Die Linie DMNE stellt also einen Halbkreis vor, so gut als BDA und BEA, denn alle diese Halbkreise haben ihren Mittelpunkt in dem Mittelpunkte C der Kugel. Man kann sich noch unzählige andere Halbkreise denken, die alle durch die beiden Pole A und B gezogen sind, und durch ebenso viele verschiedene Punkte des Aequators gehen, als es verschiedene Halbkreise sind, wie BMA, BNA; alle diese werden den beiden ersten Halbkreisen BDA und BEA ähnlich seyn. Da in der Figur ihr Aussehen sehr verschieden ist, so muß man sich durch die Einbildungskraft nachhelfen, denn auf einer wirklichen Kugel ist die Sache vollkommen klar.

Alle diese von Pol zu Pol durch irgend einen Punkt des Aequators gezogenen Halbkreise heißen Meridiane, oder ein Meridian ist nichts Anderes, als ein auf der Erdoberfläche von einem Pole zum andern gezogener Halbkreis. Ew. H. sehen daher ein, daß, wenn man irgend einen Punkt L auf der Erde annimmt, man sich immer einen Meridian BLMA denken kann, welcher durch beide Pole und den Ort L geht. Man nennt diesen dann den Meridian des Ortes L. Wäre L z. B. Berlin, so wäre BLMA der Meridian von Berlin, und so für alle andern Ort der Erde.

[1] Da der Meter der zehnmillionste Theil des Viertels von einem Erdmeridian ist, so mißt jeder von diesen 40 Millionen Meter; ein Grad mißt also 111,111 M., die Minute 1852 M., und die Sekunde 31 M. Für die entsprechenden Theile des Aequators würden die Zahlen etwas größer seyn, weil sein Durchmesser größer ist als die Erdaxe, und zwar um 42612 M.

Ew. H. dürfen sich nur eine Kugel vorstellen, auf deren Oberfläche alle Gegenden der Erde gezeichnet sind, das Festland sowohl, als das Meer und seine Inseln. Eine solche Kugel, die Ew. H. jedenfalls schon kennen, heißt ein Erdglobus.

Was nun alle die denkbaren Meridiane, deren ein großer Theil wirklich auf dem Globus ausgezogen ist, betrifft, so wird jeder als ein Halbkreis von dem Aequator in zwei gleiche Theile getheilt, in Viertelskreise, d. h. in Bogen von 90 Graden. So sind also BD, BM, BN, BE Viertelskreise, so gut als AD, AM, AN, AE, jeder enthält 90 Grade, und man kann noch *beifügen*, jeder ist senkrecht zum Aequator, da er mit ihm rechte Winkel macht.

Ich bemerke noch weiter, daß, wenn man von dem Punkte M des Aequators nach dem Pole B reisen wollte, der kürzeste Weg längs dem Meridian MLB gienge; da dieses aber ein Bogen von 90 Graden ist, und ein Grad 15 deutsche Meilen enthält, so betrüge der kürzeste Weg, den man zu machen hätte, um vom Aequator zu einem der Pole zu kommen, 1350 deutsche Meilen.

Ew. H. erinnern sich, daß der kürzeste Weg zwischen zwei Orten die gerade Linie zwischen beiden ist. Hier aber würde die gerade Linie zwischen dem Punkte M des Aequators und dem Pole B innerhalb der Erde fallen, ein Weg, den man nicht zu verfolgen vermöchte, weil wir so an die Oberfläche der Erde gebunden sind, daß wir uns nicht von ihr entfernen können.

Darum wird die Frage eine ganz andere, wenn es sich um den kürzesten Weg handelt, der auf der Oberfläche einer Kugel von einem Orte zum andern führt. Der kürzeste Weg auf einer Kugel ist keine gerade Linie mehr, sondern ein Kreisbogen, der auf der Oberfläche von einem Orte zum andern gezogen ist und seinen Mittelpunkt genau im Mittelpunkte der Kugel selbst hat. Dieses stimmt auch mit dem Falle, um den es sich vorhin handelte, vollkommen überein; denn der Meridian MLB, von welchem ich sagte, er sey der kürzeste Weg, um von dem Punkte M des Aequators zum Pole B zu reisen, ist in der That ein Kreisbogen, der seinen Mittelpunkt im Mittelpunkte der Erde hat.

Ebenso wird, wenn wir den Punkt L auf dem Meridian BLMA betrachten, der Kreisbogen LB der kürzeste Weg seyn, um von L nach dem Pole B zu kommen; wenn man die Zahl der Grade dieses Bogens weiß, und für jeden 15 Meilen rechnet, so wird man auch die Länge des Weges kennen. Wollte man aber von demselben Orte aus auf dem kürzesten Wege nach dem Aequator gehen,

so müßte man dem Bogen LM des Meridians folgen, dessen Anzahl Grade, jeder zu 15 Meilen genommen, die Länge des Weges gäbe.

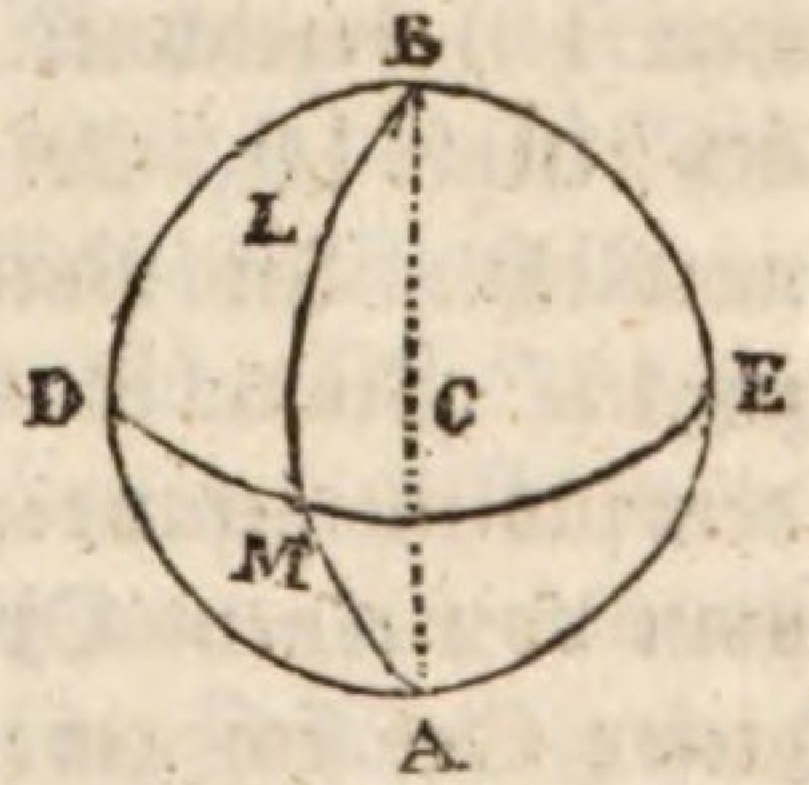
Uebrigens begnügt man sich, solche Wege in Graden anzugeben, weil es so leicht ist, sie in deutschen Meilen auszudrücken, und weil andere Völker sich anderer, bald größerer, bald kleinerer Meilen bedienen. Nimmt man Berlin als den Ort L, so findet man, daß der Bogen LM, der zum Aequator führt, $52\frac{1}{2}$ Grade mißt; folglich beträgt der kürzeste Weg von Berlin zum Aequator $787\frac{1}{2}$ Meilen. Wollte man aber von Berlin an den Nordpol reisen, so müßte man dem Bogen BL folgen, der $37\frac{1}{2}$ Grade hat, was $562\frac{1}{2}$ Meilen macht. Diese zwei Wege zusammen geben 1350 Meilen für die Länge des Bogens BLM, welcher ein Viertelskreis von 90 Graden ist, dessen Größe, wie wir gesehen haben, 1350 deutsche Meilen beträgt. Den 22. August 1761.

Fünfundzwanzigster Brief.

Von der geographischen Breite und ihrem Einfluß auf die Jahreszeiten und Tageslängen.

Ich beginne noch einmal mit Fig. 50. oder 51, mit welcher Ew. H. nun bereits hinlänglich vertraut sind.

Fig. 51.



Der volle Kreis stellt die Erdkugel vor, die Punkte A und B ihre beiden Pole; B den nördlichen, mitternächtlichen oder arktischen und A den südlichen, mittäglichen oder antarktischen Pol, so daß die innerhalb der Erde und durch ihren Mittelpunkt gezogene Gerade BA, die Erdaxe ist. Ferner ist DME der Aequator, welcher die Erde in zwei Halbkugeln theilt, wovon die eine DBE die nördliche, die andere DAE die südliche heißt.

Betrachten wir nun einen beliebigen Ort L, und ziehen seinen Meridian BLMA, welcher als ein Halbkreis durch diesen Ort L und die beiden Pole B und A geht. Der Meridian des Ortes L ist es also, welcher in M durch den Aequator in zwei gleiche Theile, in Viertelskreise, getheilt wird, deren jeder 90 Grade faßt. Ich mache ferner darauf aufmerksam, daß der Bogen LM dieses Meridians uns die Entfernung des Ortes L vom Aequator, und der Bogen LB seine Entfernung vom Pole B ausdrückt.

Dieses vorausgesetzt, so ist es gut, sich zu merken, daß der Bogen LM, oder die Entfernung des Ortes L vom Aequator, die Breite desselben heißt; so daß also die Breite eines Ortes der Erde nichts Anderes ist, als der zwischen dem Aequator und diesem Orte enthaltene Bogen seines Meridians; oder die Breite eines Ortes ist seine Entfernung vom Aequator, ausgedrückt in Graden, deren Werth wir kennen, da jeder Grad 15 deutsche Meilen mißt.

Ew. H. begreifen, daß man bei dieser Entfernung zu unterscheiden hat, ob der Ort sich in der nördlichen oder südlichen Halbkugel befindet. Im ersten Falle, wenn sich nämlich der Ort in der nördlichen Halbkugel befindet, sagt man, er habe eine nördliche Breite; befindet er sich aber in der südlichen Halbkugel, so sagt man, seine Breite sey südlich.

Ist daher von Berlin die Rede, so sagt man, es habe eine nördliche Breite von 52 Graden und 31 Minuten; ebenso hat Magdeburg eine nördliche Breite von 52 Grad 19 Minuten. Aber Batavia in Ostindien hat eine südliche Breite von 6 Grad 15 Minuten, und jene des Vorgebirgs der guten Hoffnung ist ebenfalls südlich von 34 Grad 15 Minuten.

Gelegenheitlich sey hier bemerkt, daß man der Kürze wegen statt des Wortes Grad eine kleine Null (°) rechts oben an die Zahl setzt, und statt des Wortes Minute einen kleinen Strich ('); sind noch Sekunden dabei, so werden diese mit zwei Strichen ('') bezeichnet. So ist die Breite der Sternwarte von Paris 48° 50' 10'' N. d. h. 48 Grad 50 Minuten und 10 Sekunden nördlich. In Peru ist ein Ort Namens Ylo, dessen Breite man zu 17° 36' 13'' S., oder zu 17 Grad 36 Minuten 15 Sekunden südlich gefunden hat. Ew. H. begreifen hieraus, daß wenn man von einem Orte reden würde, dessen Breite 0° 0' 0'' wäre, dieser Ort sich genau unter dem Aequator befände, weil seine Entfernung von diesem Null ist, und hier wäre es nicht nöthig, den Buchstaben N. oder S. beizusetzen. Käme man aber an einen Ort von der Breite 90° N., so wäre dieses der Nordpol der Erde selbst, welcher ja um einen Viertelskreis oder um 90 Grade vom Aequator absteht. Ew. H. ersehen daraus deutlich, was man unter der Breite eines Ortes versteht, und warum man sie in Graden, Minuten und Sekunden ausdrückt.

Es ist nicht nur für die Geographie sehr wichtig, die Breite eines jeden Ortes zu kennen, um nämlich jedem seinen richtigen Platz auf den Landkarten anweisen zu können, sondern von der

Breite hängen auch die Jahreszeiten und die Ungleichheiten von Tag und Nacht, folglich die Temperatur eines Ortes ab. Für die Orte unter dem Aequator selbst gibt es beinahe keine verschiedenen Jahreszeiten, und das ganze Jahr hindurch sind Tag und Nacht gleich lang, nämlich 12 Stunden; deßwegen heißt der Aequator auch die Aequinoctial=Linie. Je weiter man sich aber vom Aequator entfernt, desto merklicher scheiden sich die Jahreszeiten und desto länger werden im Sommer die Tage, während umgekehrt im Winter die Nächte länger werden, als die Tage.

Ew. H. wissen, daß die längsten Tage in den Anfang des Sommers fallen, gegen den 21. Juni, und zu derselben Zeit müssen daher die Nächte am kürzesten seyn; im Gegensatze sind die Tage zu Anfang des Winters, gegen den 23. December, am kürzesten und die Nächte am längsten, so daß überall der längste Tag der längsten Nacht gleich ist. Allein für jeden Ort hängt die Dauer des längsten Tages von der Breite des Ortes ab. Hier in Berlin dauert der längste Tag 16 Stunden 38 Minuten, und folglich der kürzeste Tag des Winters 7 Stunden 22 Minuten. An Orten, welche dem Aequator näher liegen, als Berlin, oder wo die Breite geringer ist, als zu Berlin, geringer als 52° 31′, ist der längste Tag des Sommers auch kürzer als 16 Stunden 38 Minuten, und der kürzeste Tag des Winters auch länger als 7 Stunden 22 Minuten.

Das Gegentheil findet statt für weiter vom Aequator entfernte Orte; in Petersburg z. B., dessen Breite 60° beträgt, dauert der längste Tag 18 Stunden 30 Minuten und folglich die Nacht dann nur 5 Stunden 30 Minuten; im Winter dagegen dauert die längste Nacht 18 Stunden 30 Minuten und der Tag nur 5 Stunden 30 Minuten. Entfernt man sich noch mehr vom Aequator und kommt in eine Breite von 66° 30′, so dauert der längste Tag genau 24 Stunden, oder die Sonne geht dann gar nicht unter, während im Winter das Gegentheil eintritt, und die Sonne am 23. December gar nicht aufgeht, oder die Nacht dann 24 Stunden dauert. Allein an Orten, die noch weiter vom Aequator abstehen, folglich dem Pole noch näher sind, wie z. B. Warthuys in Schwedisch-Lappland, dauert dieser längste Tag von 24 Stunden mehrere Tage nacheinander, während welchen die Sonne gar nie untergeht, und die längste Nacht, wo die Sonne gar nicht aufgeht, ist eben so lang.

Könnten wir an den Pol selbst gelangen, so würden wir

6 Monate anhaltend Tag und während der 6 andern Monate fortwährend Nacht haben. Ew. H. ersehen daraus, wie wichtig es ist, die Breite aller Orte der Erde genau zu kennen.

Den 22. August 1761.

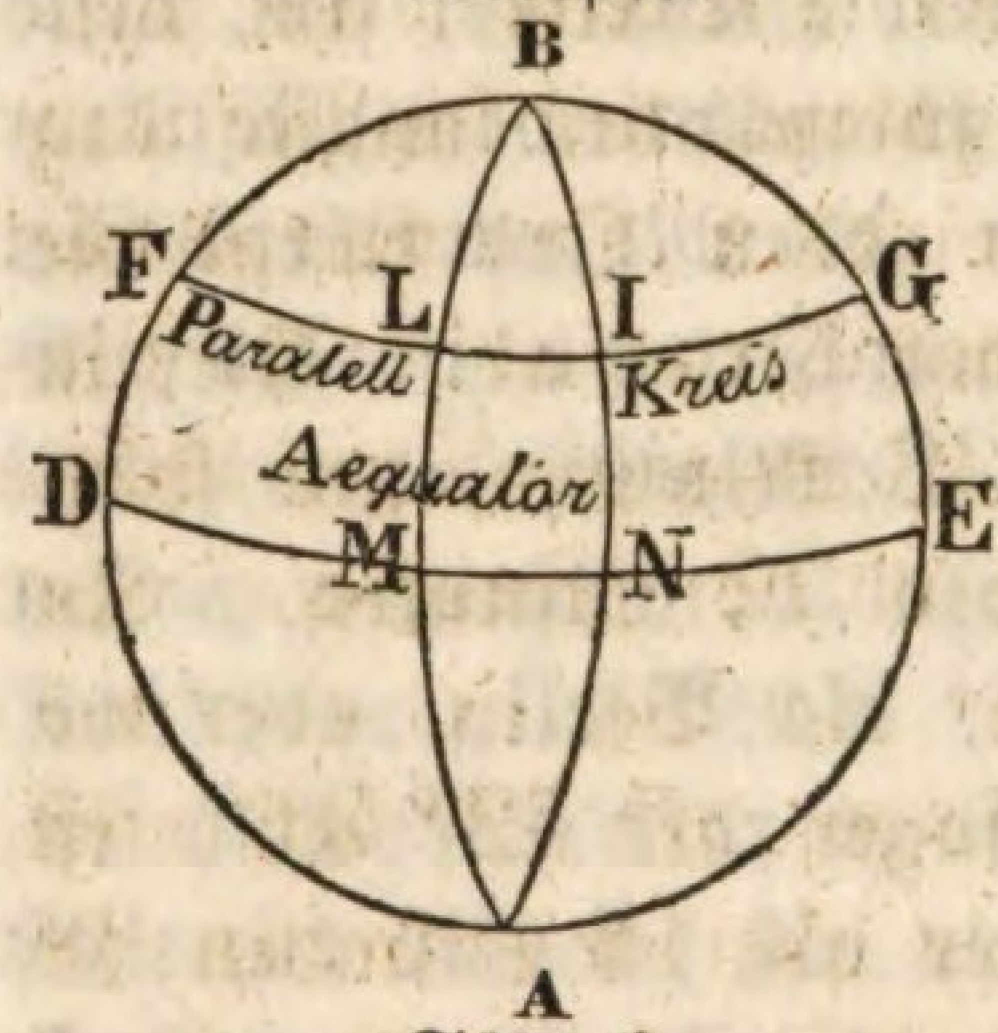
Sechsundzwanzigster Brief.

Von den Parallelkreisen, dem ersten Meridian, und der geographischen Länge.

Nachdem ich bereits die Ehre hatte, Ew. H. mitzutheilen, daß man, um den Meridian eines gegebenen Ortes L Fig. 52 zu finden, auf der Oberfläche der Erde einen Halbkreis BLMA ziehen müsse, welcher durch die beiden Pole B und A und den gegebenen Ort L geht, so muß ich noch darauf aufmerksam machen, daß dieser Meridian noch durch unzählige andere Orte gehe, von welchen man daher sagt, sie lägen unter demselben Meridian, sey es in der nördlichen Halbkugel zwischen B und M, oder in der südlichen zwischen M und A.

Fig. 52.

Nordpol.



Südpol.

Allein sämmtliche Orte unter demselben Meridian haben verschiedene Breite, indem die einen mehr oder weniger nahe beim Aequator liegen, als die andern; so geht der Meridian von Berlin auch durch die Stadt Meißen und nahezu durch den Hafen von Triest, und eine Menge anderer minder merkwürdiger Orte.

Ew. H. sehen übrigens ebensogut ein, daß unendlich viele Orte dieselbe Breite haben, oder gleichweit vom Aequator entfernt seyn können, aber dabei unter verschiedenen Meridianen liegen. In der That kann man, wenn L Berlin ist, dessen Breite, oder der Bogen LM, 52° 31′ beträgt, unter jedem beliebigen andern Meridian, BNA, einen Ort I bestimmen, dessen Breite, oder der Bogen IN, ebenfalls 52° 31′ beträgt; ebensolche Orte sind auch die Punkte F und G auf den Meridianen BDA und BEA. Da man nun durch jeden Punkt des Aequators einen Meridian ziehen kann, auf welchem irgend ein Ort dieselbe Breite haben wird, wie Berlin, oder der Ort L, so gibt es unzählige Orte, welche alle dieselbe Breite haben. Alle diese Orte werden auf dem Kreise FLIG liegen, dessen sämmtliche Punkte gleichweit vom Aequator abstehen, und

der darum auch ein zum Aequator paralleler Kreis, oder geradezu ein Parallelkreis heißt. Ein Parallelkreis der Erde ist daher nichts Anderes, als ein Kreis, welcher mit dem Aequator parallel ist, oder dessen Punkte alle gleichweit vom Aequator abstehen.

Da man durch jeden Punkt der Erde einen solchen Parallelkreis ziehen kann, so kann man sich unzählig viele derselben denken, die sich alle durch ihre Breite von einander unterscheiden; da jeder eine ihm eigenthümliche, südliche oder nördliche, Breite hat.

Ew. H. sehen auch ein, daß die Parallelkreise um so kleiner werden, je größer die Breite ist, oder je mehr man sich den Polen nähert, bis sie endlich an den Polen selbst, wo die Breite 90° beträgt, auf einen Punkt zusammenschwinden. Je mehr man sich dagegen dem Aequator nähert, oder je kleiner die Breite wird, desto größer werden die Parallelkreise; sie fallen zuletzt mit dem Aequator selbst zusammen, wenn die Breite Null wird. Man unterscheidet diese Kreise auch durch ihre Breite von einander; so ist der Parallelkreis 30° derjenige, welcher durch alle Orte geht, deren Breite 30° ist, wobei man jedoch ausdrücken muß, ob von nördlicher oder südlicher Breite die Rede ist.

Wenn Ew. H. die Landkarte ansehen, so werden Sie bemerken, daß Hannover unter demselben Parallelkreis liegt, wie Berlin, da die Breite beider 50° 31′ ist; daß ebenso die Städte Braunschweig und Amsterdam beinahe auf demselben Parallelkreis liegen, daß aber die Meridiane dieser Orte verschieden sind. Kennt man aber sowohl den Meridian als den Parallelkreis eines Orts, so kennt man auch seine wahre Stelle auf der Erde. Würde man uns z. B. sagen, daß ein Ort unter dem Meridian BNA und unter dem Parallelkreis FLG liegt, so braucht man nur nachzusehen, wo der Meridian BNA vom Parallelkreis FLG geschnitten wird, und der Durchschnitt I wäre die wirkliche Stelle des fraglichen Ortes.

Das ist auch das Mittel, dessen sich die Geographen zur Bestimmung der wahren Stelle aller Orte auf der Erde bedienen. Es handelt sich dabei nur darum, den Parallelkreis des Ortes oder seine Breite und den entsprechenden Meridian zu kennen. Was den Parallelkreis betrifft, so ist er leicht zu erkennen und von allen andern zu unterscheiden; man braucht nur die Breite oder den Abstand vom Aequator anzugeben, welche entweder nördlich oder südlich seyn wird. Allein wie wird man einen Meridian bezeichnen und von allen andern unterscheiden können? Alle Meridiane sind einander vollkommen ähnlich, alle sind einander gleich,

und keinem kommt irgend ein wesentliches Merkmal vor den übrigen zu. Es hängt daher lediglich von unserm Gutdünken ab, einen davon auszuwählen, ihn fest zu bestimmen, und von ihm aus die übrigen zu zählen. Würde man z. B. in der zu Anfang dieses Briefes bezeichneten Figur den Meridian BDA wählen, so wäre es sofort leicht, uns eine Bezeichnung für jeden andern, wie BMA, zu geben; man braucht uns nämlich nur auf dem Aequator den Bogen DM zwischen dem angenommenen Meridian BDA, und dem fraglichen BMA anzugeben und beizufügen, in welcher Richtung man von dem ersteren ausgehen müsse, um zu dem letzteren zu gelangen, ob nämlich gegen Sonnenaufgang oder Untergang.

Man nennt diesen angenommenen Meridian, von welchem aus die übrigen gezählt werden, den ersten Meridian; und es wird Ew. H. nicht überraschen, daß, da seine Wahl von unserm freien Willen abhängt, die verschiedenen Völker hierin nicht übereinstimmen. Die Franzosen haben hiefür die Insel Ferro, eine der canarischen Inseln gewählt, und ziehen durch diese ihren ersten Meridian. Die Holländer und die Deutschen lassen ihn durch eine andere jener Inseln, durch Teneriffa, gehen. Allein ob man den Franzosen oder den Deutschen hierin folge, man muß nur immer den Punkt des Aequators wohl bemerken, durch welchen der erste Meridian geht; von diesem Punkte aus zählt man dann nach Graden die Punkte, durch welche alle andere Meridiane gehen, indem die Franzosen und die Deutschen darin übereinstimmen, daß man von Abend gegen Morgen zählt.

Wenn also der Halbkreis BDA unserer Figur der erste Meridian wäre, und die Punkte M und N des Aequators gegen Sonnenaufgang lägen, so hätte man, um irgend einen andern Meridian BMA zu bestimmen, nur die Größe des Bogens DM anzugeben, und dieser Bogen heißt die Länge der unter dem Meridian BMA liegenden Orte. Handelte es sich um die Orte unter dem Meridian BNA, so wäre der Bogen DN des Aequators, ausgedrückt in Graden, Minuten und Sekunden, ihre Länge. Den 29. August 1761.

Siebenundzwanzigster Brief.

Ueber die Wahl des ersten Meridians.

Ew. H. werden nun darüber, was man unter der Länge und Breite eines Ortes der Erde versteht, vollkommen im Klaren seyn.

Die Breite wird auf dem Meridiane des fraglichen Ortes bis zum Aequator gemessen, oder sie ist die Entfernung des durch den Ort gehenden Parallelkreises vom Aequator; wobei man, um Zweideutigkeit zu vermeiden, immer beizusetzen hat, ob die Breite, oder diese Entfernung, nördlich oder südlich ist. Was die Länge betrifft, so hat man darauf zu sehen, wie weit der Meridian des Ortes vom ersten Meridian entfernt ist; und man mißt diese Entfernung vom ersten Meridian an bis zum Meridian des fraglichen Ortes auf dem Aequator, indem man stets von Abend gegen Morgen fortschreitet: oder die Länge ist die Entfernung des Meridians des gegebenen Ortes vom ersten Meridiane, wobei die Grade nach der angegebenen Weise auf dem Aequator gezählt werden.

Man zählt also immer vom ersten Meridian an gegen Morgen, wobei Ew. H. einsehen, daß, nachdem man bis 360 Grad gezählt hat, man wieder genau auf dem ersten Meridiane ankommen wird, da 360 Grade den ganzen Umfang des Aequators ausmachen. Wenn man also von einem Orte redet, dessen Länge 359 Grade ist, so wird dieser Ort nur um einen Grad vom ersten Meridiane entfernt seyn, allein gegen Westen oder gegen Abend; ebenso entsprechen 350° Länge einer Entfernung von 10° gegen Abend. Um daher jeder Zweideutigkeit bei der Längenbestimmung auszuweichen, fährt man fort, gegen Morgen zu zählen bis zu 360 Grad.

Ew. H. werden ohne Zweifel zu erfahren wünschen, warum die Geographen übereinstimmend den ersten Meridian durch eine der canarischen Inseln legen? Hierauf habe ich die Ehre, zu bemerken, daß man sich hierin nach der westlichen Gränze von Europa richten wollte; da man nun die canarischen Inseln (welche im atlantischen Ocean über Spanien hinaus gegen Amerika hin liegen) noch zu Europa zählt, so hielt man es für angemessen, den ersten Meridian durch die entfernteste dieser Inseln zu legen, damit man die übrigen Meridiane ohne Unterbrechung nicht nur durch ganz Europa, sondern auch durch ganz Asien fortzählen könne, von wo man dann, wenn man fortan gegen Morgen zählt, nach Amerika kommt, und von hier wieder zurück zum ersten Meridian.

Welche der canarischen Inseln verdient aber den Vorzug? Einige französische Geographen wählten die Insel Ferro und die Deutschen Teneriffa, weil man damals über die wahre Lage dieser Inseln wohl noch nicht genau genug unterrichtet war und vielleicht nicht wußte, welche die äußerste sey; außerdem glaubten die Deutschen, daß der hohe Berg mit Namen Pic von Teneriffa so zu

sagen von Natur aus dazu bestimmt sey, um den ersten Meridian durch ihn zu legen.

Wie dem auch sey, immer erscheint es beinahe lächerlich, den ersten Meridian durch einen Ort zu ziehen, dessen Lage nicht einmal zureichend bekannt ist; denn erst in der neuern Zeit wurde die Lage jener Inseln genauer bestimmt. Deßwegen ziehen die Astronomen, welche bei ihren Untersuchungen genauer verfahren, den ersten Meridian so, daß der Meridian der Sternwarte von Paris genau 20 Grade von ihm absteht, ohne sich weiter darum *zu kümmern*, durch welchen Ort dann der erste Meridian zu liegen *komme*.

Dieses ist ohne Zweifel das Sicherste, was man thun konnte; und das beste Mittel, irgend einen andern Meridian sicher zu bestimmen, besteht also darin, daß man seine Entfernung von dem Pariser Meridian sucht; liegt dann dieser andere Meridian gegen Morgen, so hat man nur 20 Grade zuzuzählen, um die Länge der auf ihm liegenden Orte zu erhalten; läge er aber von Paris aus gegen Abend, so zieht man die Entfernung desselben von 20 Grad ab; wäre endlich diese Entfernung größer als 20 Grad, so zieht man sie von 380 Grad, oder von 20 Grad mehr als 360 ab, um die Länge des in Frage stehenden Meridians zu erhalten.

So liegt der Meridian von Berlin um 11° 7′ 45″ mehr gegen Morgen, als jener von Paris, und die Länge von Berlin beträgt daher 31° 7′ 15″, und das ist auch die Länge aller übrigen Orte, welche unter demselben Meridian liegen, wie Berlin.

Ebenso liegt der Meridian von Petersburg um 28 Grade mehr gegen Morgen, als jener von Paris, und die Länge von Petersburg beträgt demnach 48°.

Der Meridian von St. James zu London liegt um 2° 25′ 15″ mehr gegen Abend, als der von Paris; zieht man nun dieses von 20° ab, so gibt der Rest die Länge von St. James zu London mit 17° 34′ 45″.

Betrachten wir auch noch die Stadt Lima in Peru, deren Meridian um 70° 9′ 30″ gegen Abend von dem Pariser absteht, die man daher von 380° abziehen muß; so erhält man die Länge von Lima zu 309° 50′ 30″.

Kennt man aber Länge und Breite eines Ortes, so kann man seine wahre Lage auf einem Erdglobus oder einer Landkarte eintragen; denn da die Breite den Parallelkreis bezeichnet, auf welchem ein Ort liegt, und die Länge den Meridian des Ortes angibt, so

wird die Stelle, wo der Meridian den Parallelkreis schneidet, genau der fragliche Ort seyn.

Ew. H. dürfen nur einen Blick auf eine Landkarte, z. B. auf jene von Europa werfen, und Sie werden zu beiden Seiten die Grade der Parallelkreise oder ihre Entfernung vom Aequator angemerkt finden, und oben und unten die Grade der Länge, oder die Entfernung der Meridiane vom ersten Meridian.

Gewöhnlich zieht man auf den Karten die Parallelkreise sowohl, als die Meridiane entweder von Grad zu Grad, oder auch nur von 5 zu 5 Graden. Auf den meisten Karten sind die Meridiane von Oben nach Unten, und die Parallelkreise von Links nach Rechts gezogen, wo dann Oben gegen Nord und Unten gegen Süd oder Mittag, die rechte Seite aber gegen Morgen oder Ost uud die linke gegen Abend oder West gerichtet ist.

Außerdem ist zu bemerken, daß, weil alle Meridiane gegen die Pole zusammenlaufen, die Entfernung derselben von einander um so geringer wird, je mehr sie sich einem Pole nähern; auf dem Aequator ist die Entfernung zweier Meridiane von einander am größten. Ew. H. werden auch auf allen guten Karten, wo die Meridiane gezogen sind, bemerken, daß sich dieselben oben, oder gegen Norden hin, immer mehr nähern, und daß ihre Entfernung unten am größten ist, d. h. wo sie sich dem Aequator nähern. Es dient dieses zum bessern Verständniß der Landkarten, durch welche man uns die Oberfläche der Erde oder einen Theil derselben darstellen will.

Allein meine Hauptabsicht ist die, zu zeigen, wie die wahre Lage eines Ortes der Erde durch seine Länge und Breite bestimmt wird. Den 1. September 1761.

Achtundzwanzigster Brief.

Von der Methode, die Breite oder Polhöhe zu bestimmen.

Da es so wichtig ist, Breite und Länge eines jeden Ortes zu kennen, damit man weiß, wo auf der Oberfläche der Erde man sich befinde, so werden Ew. H. die Auffindung der hiezu dienlichen Mittel ebenfalls für wichtig erachten.

In der That muß es für einen Menschen, der nach einer langen Reise irgend einen Ort der Erde, sey es des Festlandes oder des Meeres, erreicht, nichts Wichtigeres geben, als die Erkenntniß, an

welchem Orte der Erde er sich befinde, ob er in der Nähe irgend eines bekannten Landes sey, oder nicht, und welchen Weg er wählen müsse, um in ein solches zu gelangen. Das einzige Mittel, diesen Menschen aus der Verlegenheit zu ziehen, wird ohne Zweifel darin liegen, daß man ihm Länge und Breite des Ortes, wo er sich befindet, angibt; aber welche Mittel wird er anwenden müssen, um diese aufzufinden, vorausgesetzt, daß er sich zu Wasser oder zu Land an irgend einer weithin verlassenen Stelle befinde, wo kein Bewohner ist, den er fragen kann? Hat er sich aber der Länge und Breite seines Ortes versichert, so wird er mittelst des Globus oder der Landkarten leicht diesen seinen Aufenthaltsort bezeichnen und hieraus alle die Aufklärungen ableiten können, deren er bedarf.

Ich werde Ew. H. zeigen, daß vorzugsweise die Astronomie es ist, welche uns die nöthigen Mittel liefert, um Breite und Länge des Ortes, wo wir uns befinden, zu bestimmen. Um jedoch Ew. H. nicht durch die Einzelnheiten all der Methoden zu langweilen, welche die Astronomen für diese so wichtigen Bestimmungen aufgefunden haben, will ich mich begnügen, Ihnen nur einen allgemeinen Begriff davon darzulegen; ich wage mir auch zu schmeicheln, daß durch die Art, wie ich dieses thun werde, dieser Begriff ausreichen soll, um Ew. H. die Grundzüge klar zu machen, auf welchen all die verschiedenen Methoden beruhen.

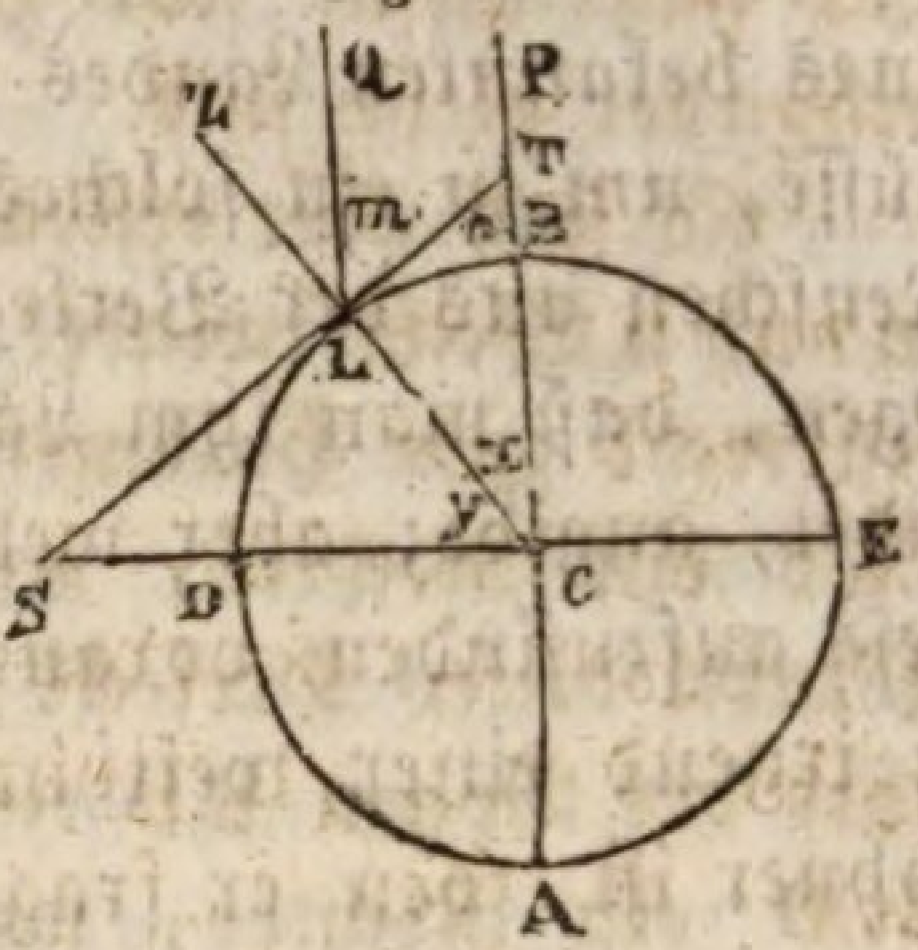
Ich beginne mit der Aufsuchung der Breite, weil diese beinahe keinerlei Schwierigkeiten unterliegt, während jene der Länge die Kräfte des menschlichen Geistes noch beinahe zu übersteigen scheint, besonders, wenn man sich auf dem Meere befindet und der höchste Grad von Genauigkeit verlangt wird. Letzteres ist auch der Grund, warum man auf die Auffindung der Länge sehr ansehnliche Preise gesetzt hat, um die Gelehrten desto mehr aufzumuntern, ihre Kenntnisse und ihre Anstrengungen zu vereinigen, und damit eine so wichtige Entdeckung, wie diese, doppelten Reiz gewinne durch die Ehre sowohl, als den für den Erfinder damit verknüpften Gewinn.

Ich komme nun auf die Breite zurück und die Mittel, sie aufzufinden, indem ich es auf ein anderes Mal verspare, ausführlicher von der Länge zu reden und den verschiedenen Methoden, sie zu finden, besonders für den Fall, daß man auf dem Meere reise.

Es seyen in Fig. 53 die Punkte B und A die Pole der Erde, BA ihre Achse, C ihr Mittelpunkt; der Halbkreis BDA sey ein Meridian, den der Aequator in D schneidet und BD, AD werden Viertelskreise, oder Bögen von 90 Graden seyn. Die Gerade CD

wird demnach ein Halbmesser und DE der Durchmesser des Aequators seyn.

Fig. 53.



Es sey nun auf dem Meridian BDA L der Ort, von welchem die Breite gesucht werden soll, oder die Anzahl von Graden, welche der Bogen LD enthält, der das Maaß ist für die Entfernung des Ortes L vom Aequator. Zieht man den Halbmesser CL, so wird auch der Winkel DCL, der y heiße, und dessen Maaß der Bogen LD ist, die Breite des Ortes L ausdrücken, welche gefunden werden soll.

Da wir aber nicht an den Mittelpunkt der Erde gelangen können, um dort den Winkel y zu messen, so müssen wir unsere Zuflucht zum Himmel nehmen. Dort führt uns die Verlängerung der Erdachse AB an den Nordpol P des Himmels, den man als unendlich weit von der Erde entfernt betrachten muß. Verlängern wir nun auch den Halbmesser CL, welcher den Punkt Z des Himmels, der das Zenith des Ortes heißt, treffen wird, und ziehen wir durch L die Gerade ST senkrecht zu dem Halbmesser CL, so werden sich Ew. H. erinnern, daß diese Linie ST eine Tangente des Kreises und demnach für den Punkt L horizontal ist, indem unser Horizont immer die Oberfläche der Erde an dem Punkte berührt, wo wir uns befinden.

Sieht man nun von L gegen den unendlich weit entfernten Himmelspol P, so wird die dahin gerichtete Gerade LQ mit ABP, oder der Erdachse, parallel seyn: der Himmelspol wird sich daher zwischen dem Zenith und dem Horizont LT zeigen, und der Winkel TLQ, der mit dem Buchstaben m bezeichnet ist, wird angeben, um wieviel die gegen den Pol gerichtete Gerade LQ über den Horizont erhöht ist; daher heißt der Winkel m die Polhöhe.

Ew. H. haben wohl schon oft von der Polhöhe reden hören, welche demnach nichts Anderes ist, als der Winkel, den die gegen den Himmelspol gerichtete gerade Linie LQ mit dem Horizont des Ortes macht, wo wir uns befinden. Ew. H. begreifen auch leicht, daß es möglich sey, diesen Winkel m mit einem dazu geeigneten astronomischen Instrumente zu messen, ohne daß ich mich deßwegen weiter in das Einzelne einlassen muß.

Dieses vorausgesetzt, habe ich die Ehre, Ew. H. zu versichern, daß dieser Winkel m oder die Polhöhe, sobald sie gemessen ist, uns auch genau die Breite des Ortes L, oder den Winkel y angibt.

Ich habe hiefür nur zu zeigen, daß diese beiden Winkel y und m einander gleich sind.

Es sind aber erstens, da LQ mit CP parallel ist, die Winkel m und n Wechselwinkel und folglich gleich; sodann ist die Linie LT senkrecht zum Halbmesser CL, folglich der Winkel L des Dreiecks CLT ein Rechter, und es machen also auch die beiden andern Winkel dieses Dreiecks, n und x, zusammen einen Rechten. Weil aber der Bogen BD ein Viertelskreis ist, so ist auch der Winkel BCD ein Rechter, und die beiden Winkel x und y sind *also* zusammengenommen so groß, als die beiden Winkel n und x; *zieht* man nun beiderseits den Winkel x ab, so zeigt sich der Winkel y dem Winkel n gleich, und also auch dem Winkel m.

Ich habe aber schon darauf aufmerksam gemacht, daß der Winkel y die Breite des Ortes L ausdrückt, und der Winkel m die Polhöhe desselben Ortes, und es ist also immer die Breite eines Ortes seiner Polhöhe gleich. Die Mittel also, welche uns die Astronomie bietet, um die Polhöhe eines Ortes zu beobachten, geben uns daher auch die gesuchte Breite [1].

So haben die zu Berlin gemachten astronomischen Beobachtungen gelehrt, daß die Polhöhe daselbst 52° 31′ ist, und daraus haben wir den Schluß gezogen, daß auch die Breite von Berlin 52° 31′ beträgt.

Es ist dieses ein wohl zu beachtendes Beispiel, wie der Himmel uns über Dinge Aufklärung geben kann, die sich lediglich nur auf die Erde beziehen. Den 5. September 1761.

Neunundzwanzigster Brief.

Erstes Verfahren, zur Kenntniß der Länge zu gelangen, durch Schätzung des zurückgelegten Weges.

Ich gehe nun zur Betrachtung der Länge über und bemerke, daß, wenn man zu Wasser oder zu Lande von einem bekannten

[1] Auf dem Meere beobachtet man statt der Polhöhe die Höhe der Sonne bei ihrem Durchgange durch den Meridian der Station. Es ist dann leicht mit Hülfe von Tafeln, welche die Entfernung der Sonne vom Aequator für den Mittag eines jeden Tages enthalten, durch bloße Addition oder Subtraction, die Polhöhe oder Breite des Ortes der Beobachtung abzuleiten.

Um die Sonnenhöhe zu messen, bedient man sich gewöhnlich eines Instrumentes, welches der Sextant heißt, womit man ungeachtet der Schwankungen des Schiffes beobachten kann.

Orte ausgeht, die Länge des Ortes, wohin man gekommen ist, leicht gefunden werden kann, wenn man nur die Länge und Richtung des zurückgelegten Weges genau kennt. In diesem Falle kann die Länge selbst ohne Beihülfe der Astronomie gefunden werden, und dieses verdient schon, daß ich es Ew. H. genauer erkläre.

Was den Weg betrifft, so wird er nach Fußen gemessen; da man ferner weiß, wie viele Fuße eine Meile ausmachen und wie viele Meilen auf einen Bogen der Erde von einem Grade gehen, so kann man den zurückgelegten Weg in Graden ausdrücken.

In Bezug auf die Richtung des Weges muß man die Stellung des Meridians eines jeden Ortes, wo man sich befindet, genau kennen; da nun der Meridian einerseits gegen den Nordpol, oder gegen Norden, andererseits aber gegen den Südpol, oder gegen Süden gerichtet ist, so hat man nur auf dem Horizonte, wo man sich befindet, eine gerade Linie von Nord nach Süd zu ziehen; diese Linie heißt die Mittagslinie des Ortes. Man muß sich aber alle erdenkliche Mühe geben, diese Mittagslinie sehr genau zu ziehen, und hiebei muß uns abermals der Himmel führen.

Ew. H. wissen, daß es Mittag ist, wenn die Sonne den höchsten Stand über dem Horizonte einnimmt; dann aber steht die Sonne genau gegen Süden, und der Schatten eines über einer horizontalen Ebene senkrecht aufgestellten Stabes ist genau gegen Norden gerichtet. Daraus ist es nun leicht abzusehen, wie die Beobachtung der Sonne uns dazu verhelfen kann, an jedem Orte, wo wir uns befinden, genau die Mittagslinie zu ziehen.

Ist aber die Mittagslinie bestimmt, so lassen sich alle andern Richtungen leicht ableiten.

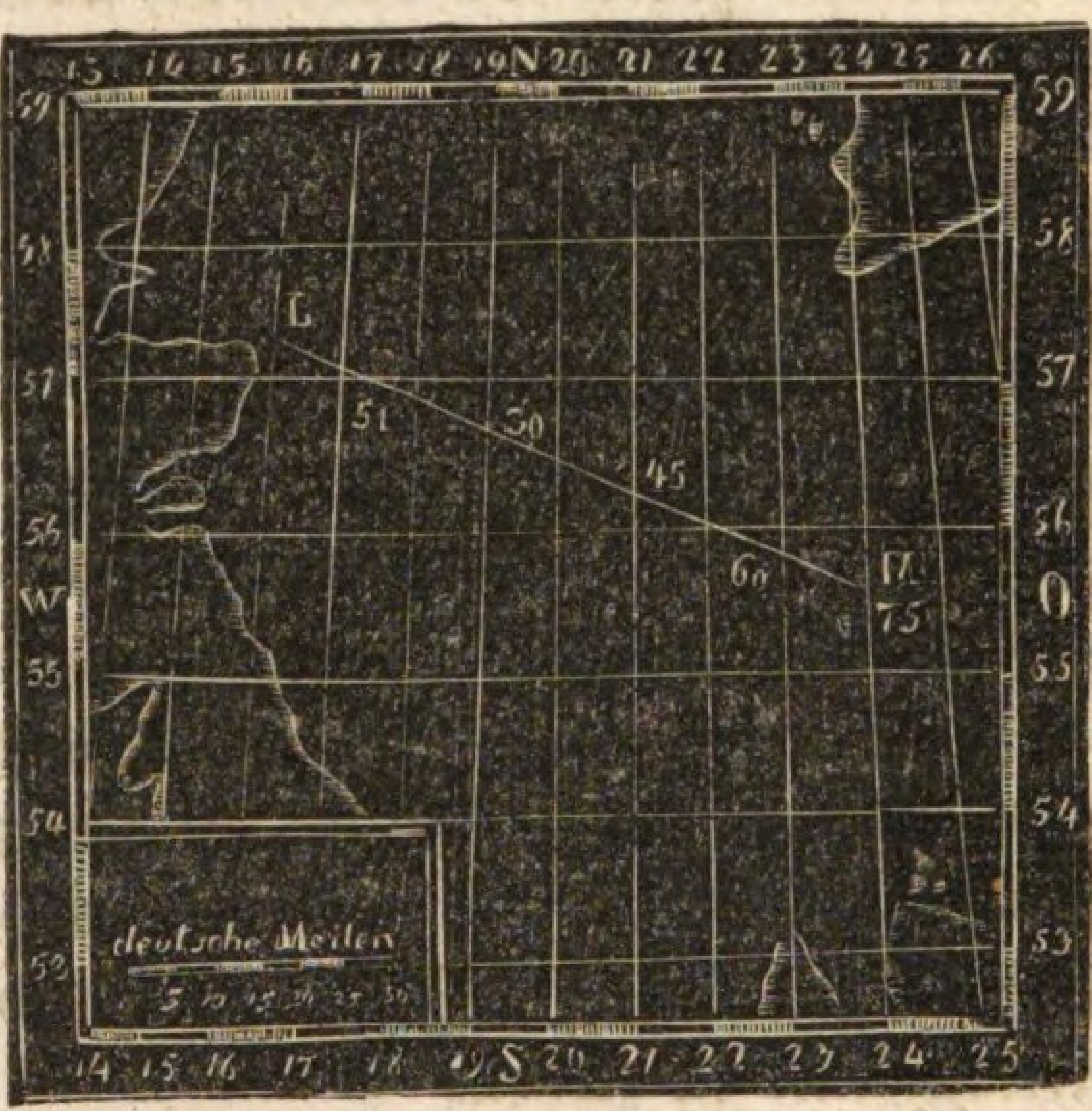
Es sey in Fig. 54 die Gerade NS die Mittagslinie und das Ende N gegen Norden, S gegen Süden gerichtet; auf diese Mittagslinie NS ziehe man die Gerade WO senkrecht und ihr Ende W wird gegen Abend oder West, O aber gegen Morgen oder Ost gerichtet seyn. Theilt man nun den Kreis in sechszehn gleiche Theile, so wird man eben so viele Richtungen erhalten, deren Namen die beigefügten Buchstaben bezeichnen; für den Fall, daß man eine Richtung verfolgt, welche mit keiner dieser sechszehn genau übereinstimmt, bemerkt man den Winkel, den sie mit der Mittagslinie NS, oder der zu dieser Senkrechten OW macht.

Fig. 54.

Auf solche Weise wird man immer die auf der Reise eingehaltene Richtung genau wissen können; allemal aber, wenn man sowohl Richtung als Länge des zurückgelegten Weges genau kennt, wird man auch leicht die wahre Lage des Ortes, an welchen man gelangt ist, bestimmen und selbst seine Länge und Breite angeben können. Hiezu bedient man sich einer guten Landkarte, deren Ausdehnung groß genug ist, um sowohl den Ort, von welchem man ausgieng, als jenen, wohin man gelangte, zu enthalten; auf diese Karte wird man mittels des Maaßstabes, der die Größe einer Meile auf ihr angibt, den zurückgelegten Weg einzeichnen können.

Fig. 55 stellt eine solche Karte vor, auf der von Grad zu Grad sowohl die Parallelkreise von der Linken zur Rechten, als die Meridiane von Oben nach Unten angegeben sind; man sieht auch auf derselben, daß die Meridiane oben, gegen Norden, einander näher sind, als unten, gegen Süden, wie sich dieses auch in der That auf der Erde verhält.

Fig. 55.



Diese Karte umfaßt den Theil der Erdoberfläche, welcher zwischen dem dreiundfünfzigsten und neunundfünfzigsten Grade nördlicher Breite, und zwischen dem dreizehnten und sechsundzwanzigsten Grade der Länge liegt.

Nehmen wir an, man sey von dem Orte L ausgegangen, dessen Länge 16° und die Breite 57° 20′ beträgt, und habe in der Richtung Ost-Südost 75 deutsche Meilen zurückgelegt. Um nun Länge und Breite des Ortes, den man erreicht hat, zu bestimmen, sey von L aus die Gerade LM gezogen, welche mit dem Meridiane 16—16 denselben Winkel macht, wie die Richtung OSO mit NS in der vorhergehenden Figur. Man nehme nun auf dieser Linie, nach dem Maaßstabe auf der Karte, LM gleich 75 deutschen Meilen, und der Punkt M wird der Ort seyn, an welchen man gelangt ist.

Man hat nun nur diesen Ort mit den auf der Karte gezogenen Meridianen und Parallelkreisen zu vergleichen, und wird finden, daß seine Länge nahe zum vierundzwanzigsten Grade fällt; mißt man genauer, was sie noch über 24° beträgt, so findet man die

Länge des Ortes M gleich 24° 4′. In Bezug auf die Breite sieht man, daß sie zwischen 55° und 56° fällt, und man wird sie leicht auf 55° 25′ schätzen; so daß also der erreichte Ort M unter 55° 25′ der Breite und unter 24° 4′ der Länge liegt.

Ich habe hier vorausgesetzt, daß man während der ganzen Reise die Richtung OSO eingehalten habe; würde man aber die Richtung von Zeit zu Zeit ändern, so dürfte man nur bei jeder Aenderung für den Ort, wo man sich gerade befindet, das so eben Gezeigte wiederholt ausführen; dann hätte man von diesem Orte aus die neue Richtung zu ziehen, bis man sie wieder ändert, und so fort, bis man den letzten Ort erreicht. So wird man also immer im Stande seyn, auf Reisen den Ort zu erkennen, an den man gelangt, wenn man nur immer genau die Richtung kennt, welcher man folgt, und den Weg genau mißt, den man zurücklegt.

In diesem Falle könnte man also die Hilfe der Astronomie entbehren, abgesehen davon, daß man ihrer bedarf, um genau die Richtung oder den Winkel zu kennen, den diese mit der Mittagslinie macht; allein die Magnetnadel oder der Kompaß kann hier sehr oft die astronomischen Hilfsmittel ersetzen.

Ew. H. werden jedoch leicht einsehen, daß man sich in der Schätzung sowohl der Richtung als der Länge des Wegs beträchtlich irren kann, besonders auf sehr langen Reisen. Wenn ich nur nach Magdeburg reise, wie oft wechsle ich nicht die Richtung! und wie werde ich genau die Länge des Weges messen können? Allein wenn man zu Lande reist, ist man nicht auf dieses Hilfsmittel beschränkt; man ist dann im Stande, sowohl die Entfernungen der Orte, als die Winkel, die diese Entfernungen mit der Mittagslinie jedes Ortes machen, durch geometrische Operationen zu messen, und hiedurch kann man sehr genau die wahre Lage aller Orte bestimmen.

Den 8. September 1761.

Dreißigster Brief.

Fortsetzung des vorigen Gegenstandes, und von den Fehlern dieser Methode.

Es scheint, die angegebene Verfahrungsart, die geographische Länge durch Beobachtung sowohl der Richtung als der Länge des zurückgelegten Weges zu bestimmen, müsse besonders bei Seereisen von entschiedenem Erfolge seyn, weil man hier nicht jeden Augen-

blick die Richtung ändern muß, wie es zu Lande der Fall ist; denn so lange man denselben Wind hat, kann man auch dieselbe Richtung halten.

Die Steuerleute, welche das Schiff leiten, beobachten daher auch sowohl die Richtung, welche das Schiff einhält, als den Weg, den es zurücklegt, mit großer Aufmerksamkeit, und führen über alle diese Beobachtungen ein genaues Tagebuch; jeden Abend, oder auch noch öfter, ziehen sie auf ihren Seekarten, welche die Ausdehnung des Meeres darstellen, den Weg, den das Schiff durchlaufen hat und sind dadurch im Stande, für jede Zeit auf den Karten den Punkt anzugeben, wo sie sich befinden, dessen Länge und Breite sie daher auch kennen. So lange die Fahrt regelmäßig fortgeht und das Schiff nicht durch irgend einen Sturm zu sehr herumgetrieben wird, täuschen sich auch die Steuerleute hierin nicht um Vieles; haben sie aber Ursache, sich nicht zu trauen, so nehmen sie ihre Zuflucht zu astronomischen Beobachtungen; aus diesen leiten sie die Polhöhe ab, welche stets der Breite des Ortes, wo sie sich befinden, gleich ist, und vergleichen sie mit jener, welche sie auf der Karte gemäß der Abschätzung des Weges verzeichnet haben. Stimmen beide überein, so beweist dieß, daß sie ihren Weg richtig beobachtet haben; zeigt sich aber ein Unterschied, so haben sie sich sicher in der Schätzung der Richtung und Länge des Wegs geirrt; beide werden nun noch einmal sorgfältig untersucht und die nöthigen Verbesserungen daran angebracht, um die Schätzung mit der beobachteten Polhöhe, oder der ihr gleichen Breite in Einklang zu bringen.

Bei kleinen Reisen kann diese Vorsicht ausreichen, weil die dabei begangenen Fehler beinahe von keinem Einfluß sind. Allein bei großen Reisen können sich diese kleinen Fehler so anhäufen, daß man sich zuletzt sehr bedeutend irrt, und daß der Ort, wo man sich wirklich befindet, beträchtlich von dem abweicht, wo man sich auf der Karte zu befinden glaubt.

Bisher habe ich einen geregelten Verlauf der Fahrt vorausgesetzt; allein man denke sich nun, daß ein heftiger Sturm sich einstelle, während welchem das Schiff den heftigsten Stößen des Windes und der Wellen ausgesetzt ist, so ist wohl einleuchtend, daß die Schätzung der Richtung und Länge des Weges gänzlich in Unordnung kommen muß, und daß es nun durchaus unmöglich seyn werde, den durchlaufenen Weg auf der Karte zu verzeichnen.

Allerdings könnte man nach einer solchen Störung durch astronomische Beobachtungen die Breite des Ortes, wo man sich befindet,

bestimmen; allein das gibt nur den Parallelkreis desselben an, und man wäre noch über den Punkt des Parallelkreises, welcher dem Ort des Schiffes entspricht, in großer Unsicherheit.

Alles kommt daher darauf an, auch die Länge des Ortes zu bestimmen, die uns den Meridian angibt, auf welchem der Ort liegt; dann wird der Durchschnitt dieses Meridians mit dem gefundenen Parallelkreise den wahren Ort des Schiffes bezeichnen. Ew. H. begreifen hieraus, wie wichtig es ist, daß die Steuerleute in den Stand gesetzt werden, auch die Länge des Ortes, wo sie sich befinden, ermitteln zu können.

Aber nicht nur Stürme versetzen uns in diese Nothwendigkeit, sondern man kann sich auch über Richtung und Länge des Wegs sehr grob täuschen, selbst wenn die Reise ruhig verläuft. Wenn man annehmen könnte, das Meer sey ruhig, so hätte man wohl Mittel, um sich über Richtung und Länge des Weges so ziemlich zu versichern, obgleich auch da noch bei großen Reisen sehr ansehnliche Abweichungen entstehen könnten; allein es ist nur zu gewiß, daß sich an vielen Stellen des Meeres reißende Strömungen befinden, so daß es da einem Flusse gleicht, welcher nach einer bestimmten Richtung dahin fließt. So hat man beobachtet, daß das atlantische Meer stets durch die Meerenge von Gibraltar in das mittelländische Meer fließt, und der große atlantische Ocean zwischen Afrika und Amerika hat einen sehr beträchtlichen Strom von Ost nach West, so daß man viel schneller von Europa nach Amerika fährt, als umgekehrt.

Wären diese Strömungen stets gleichförmig und bekannt, so wäre dieses für die Schätzung unseres Weges von großem Nutzen; allein die Beobachtung zeigt, daß sie bald mehr, bald weniger rasch sind und auch oft ihre Richtung ändern; dieses macht die Schätzung auch der geschicktesten Steuerleute so unsicher, daß man sich auf dieselben nicht ohne die größte Gefahr verlassen könnte. Man hat nur zu viele Beispiele von Schiffen, welche, als sie scheiterten und zu Grunde giengen, sich noch sehr weit von Orten entfernt glaubten, die mit unter dem Wasser verborgenen Klippen erfüllt sind. Später fand man, daß Meeresströmungen diese Unglücksfälle herbeigeführt hatten, indem sie die Schätzung der Steuerleute in Unordnung brachten.

Wenn das Meer selbst eine Bewegung hat, vermöge welcher es wie ein Strom in einer gewissen Richtung dahin fließt, so werden darauf befindliche Schiffe in der That davon fortgeführt werden,

ohne daß man dieses wahrnehmen kann. Wird man von einem Flusse so fortgeführt, so bemerkt man dieses leicht, indem man das Ufer oder den Grund des Flusses beobachtet; allein auf dem Meere sieht man kein Land, und die Tiefe ist ebenfalls zu groß, um den Grund sehen zu können. Auf dem Meere gibt es daher kein Mittel, durch welches man erkennen könnte, daß man von dem Wasser fortgeführt wird, und aus diesem Grunde entstehen sehr grobe Täuschungen, sowohl in Bezug auf die Richtung als die Länge des Wegs. Man mag daher auf Stürme Rücksicht nehmen oder nicht, immer ist man genöthigt, andere Mittel aufzusuchen, wodurch die Länge des Ortes, an den man gelangte, bestimmt werden kann, und über die Mittel, welche bis jetzt für die Bestimmung der Länge vorgeschlagen wurden, werde ich nun die Ehre haben, Ew. H. zu unterhalten.

Den 12. September 1761.

Einunddreißigster Brief.

Zweite Methode, die Länge zu bestimmen, vermittelst einer genauen Uhr.

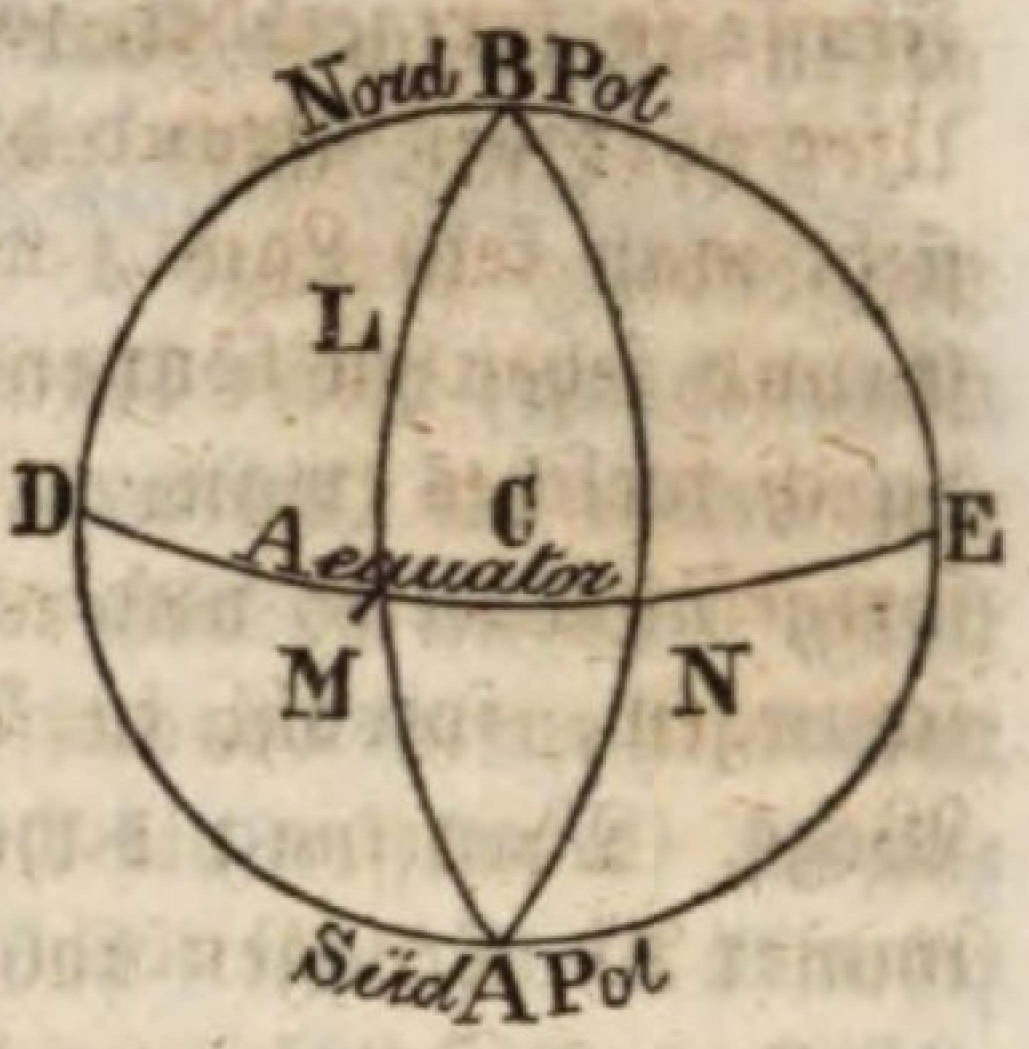
Ein sehr sicheres Mittel zur Bestimmung der Länge wäre eine so vollkommene Uhr, Taschenuhr oder Pendeluhr, d. h. welche stets so genau und gleichförmig gienge, daß keine Erschütterung, der sie auf der Reise ausgesetzt seyn könnte, im Stande wäre, ihre Bewegung zu stören.

Wir wollen annehmen, man habe eine solche Uhr zu Stande gebracht und nun zeigen, wie man durch sie die Aufgabe der Länge lösen könne. Für diesen Zweck muß ich auf die Betrachtung der Meridiane, die man sich durch alle Orte der Erde gezogen denkt, zurückkommen.

Ew. H. wissen, daß die Sonne täglich ihren Weg rund um die Erde macht, und folglich innerhalb vierundzwanzig Stunden nach und nach über alle Meridiane weggeht.

Man sagt aber, die Sonne gehe über einen Meridian weg, oder gehe durch einen Meridian, wenn die gerade Linie von der Sonne zum Mittelpunkt der Erde C (Fig. 56) genau durch diesen Meridian geht. Gienge diese Linie nun durch den Meridian BLMA, so würde man sagen, die Sonne gehe durch diesen Meridian, und dann hätten alle auf ihm liegenden Orte Mittag; allein auf jedem andern Meridiane wäre in diesem Augenblicke nicht Mittag, sondern Vor- oder Nachmittag.

Fig. 56.



Läge der Meridian BNA östlicher als BMA, so würde die Sonne auf ihrem Wege von Morgen gegen Abend früher durch den Meridian BNA gehen, als sie den Meridian BMA erreicht. Es wäre also auf dem Meridian BNA früher Mittag, als auf BMA; und wenn auf Letzterem Mittag wäre, so müßte auf jedem andern östlicher liegenden Meridian der Mittag vorbei, es müßte schon Nachmittag seyn; im Gegentheil müßte es auf jedem andern westlicher liegenden Meridiane BDA noch Vormittag seyn, weil die Sonne erst dahin gelangt, wenn sie schon durch den Meridian BMA gegangen ist.

Weil nun die Bewegung der Sonne gleichförmig ist, und sie ihren ganzen Weg um die Erde, d. h. 360 Grade, in vierundzwanzig Stunden vollendet, so muß sie in jeder Stunde einen Bogen von 15 Graden zurücklegen. Ist es daher zu Berlin und an jedem andern Orte unter demselben Meridian Mittag, so muß auf allen östlicher liegenden Meridianen Mittag vorbei seyn; namentlich wird es auf dem Meridiane, der um 15 Grad östlicher liegt, als der von Berlin, schon ein Uhr, auf dem 30 Grade entfernten zwei Uhr, auf dem 45 Grade entfernten aber drei Uhr Nachmittags seyn, u. s. f. Das Gegentheil wird an solchen Orten stattfinden, welche auf westlichern Meridianen liegen, als Berlin; und wenn es hier Mittag ist, so wird es auf dem um 15 Grade entfernten Meridian erst 11 Uhr, auf dem um 30 Grade entfernten erst 10 Uhr, auf dem um 45 Grade westlicher liegenden erst 9 Uhr Vormittags seyn, u. s. f. Jeder Unterschied von 15° zwischen den Meridianen bedingt einen Zeitunterschied von einer Stunde.

Um das Gesagte noch deutlicher zu machen, wollen wir die Städte Berlin und Paris betrachten; da nun der Meridian von Berlin um 11° 7′ 15″ östlicher liegt, als jener von Paris, so macht dieser Unterschied von 15° 7′ 15″, je 15 Grade auf eine Stunde gerechnet, einen Zeitunterschied von 44′ 29″, oder von beinahe drei Viertelstunden. Ist es daher zu Paris Mittag, so wird man in Berlin schon 44′ 29″ Nachmittag haben; und umgekehrt, wenn es hier zu Berlin Mittag ist, so wird man in Paris noch Vormittag haben, oder die Uhr wird erst 11ʰ 15′ 34″ zeigen, so daß es erst in 44′ 29″ Zeit Mittag wird. Man ersieht

daraus, daß die Uhren in Berlin gegen jene in Paris immer vorgehen müssen, und zwar wird der Unterschied 44′ 29″ Zeit betragen.

Der Unterschied zwischen den Meridianen von Berlin und Magdeburg beträgt 1° 14′, um welche Berlin östlicher liegt als Magdeburg; dieser Unterschied gibt, in Zeit ausgedrückt, 6′ 40″, um welche die Uhren in Berlin früher gehen müssen, als in Magdeburg. Wenn es daher in Magdeburg Mittag ist, oder die Uhren, von welchen ich voraussetze, daß sie gehörig gerichtet seyen, 12 Uhr zeigen, so müssen die Uhren von Berlin in demselben Augenblicke schon 12ʰ 6′ 40″ haben, so daß es hier also schon Nachmittag ist.

Ew. Hoheit ersehen daraus, daß an Orten, welche verschiedene Länge haben, oder unter verschiedenen Meridianen liegen, gut gerichtete Uhren in demselben Augenblicke auch verhältnißmäßig verschiedene Zeit angeben müssen, und daß dieser Unterschied eine ganze Stunde ausmachen muß, wenn der Längenunterschied 15 Grade beträgt. Je 15 Grade der Länge bewirken eine Stunde Zeit für den Unterschied, welchen gut gerichtete Uhren an den beiden Orten in demselben Augenblicke zeigen müssen.

Wollte man sich daher einer Uhr bedienen, um die Länge der Orte zu finden, durch welche man kommt, so müßte man dieselbe zuvor an irgend einem Orte, wo man sich befindet, genau richten; dieses geschieht auf die Beobachtung des Mittags, als des Augenblickes, wo die Sonne durch den Meridian des Ortes geht: die Uhr muß dann genau 12 Uhr zeigen. Sie muß ferner so geregelt seyn, daß in vierundzwanzig Stunden, wenn die Sonne wieder durch denselben Meridian geht, der Zeiger nach zwei ganzen Umläufen immer wieder genau auf zwölf Uhr steht. Ist dieses genau beobachtet, so werden solche gut gerichtete Uhren von verschiedenen Orten nur dann miteinander übereinstimmen, wenn diese unter demselben Meridiane liegen; liegen sie aber unter verschiedenen Meridianen, oder ist ihre Länge verschieden, so wird auch die Zeit verschieden seyn, welche die Uhren in demselben Augenblicke zeigen; so daß jedem Unterschied von 15 Längegraden eine Stunde des Zeitunterschieds entspricht, welchen die Uhren angeben.

Kennt man daher umgekehrt diesen Zeitunterschied, welchen gut gerichtete Uhren an verschiedenen Orten in demselben Augenblicke zeigen, so wird man daraus leicht den Längenunterschied ableiten, wenn man für jede Stunde 15 Grade und für eine Minute einen Viertelsgrad rechnet.

Den 15. September 1761.

Zweiunddreißigster Brief.

Fortsetzung des vorhergehenden Briefes und weitere Erläuterungen.

Ew. H. werden über den Zeitunterschied, den gut geregelte Uhren unter verschiedenen Meridianen zeigen müssen, um so weniger überrascht seyn, wenn Dieselben bedenken wollen, daß es weiter gegen Osten Länder gibt, wo die Sonne schon untergeht, wenn wir Mittag haben, und weiter gegen Westen solche, wo die Sonne zu dieser Zeit erst aufgeht; es muß daher bei jenen schon Abend, bei diesen erst Morgen seyn, und zwar in demselben Augenblicke, wo bei uns Mittag ist. Ew. H. wissen ferner, daß es bei unsern Gegenfüßlern, welche sich auf dem, dem unsrigen entgegengesetzten Meridiane befinden, Nacht ist, wenn wir Tag haben, so daß, wenn bei uns Mittag ist, es bei ihnen Mitternacht seyn muß.

Nach diesen Erläuterungen wird es mir leicht seyn, zu zeigen, wie man mittels einer guten Uhr den Unterschied der Meridiane, oder den Längenunterschied zweier Orte finden kann.

Gesetzt, ich hätte eine so ausgezeichnete Uhr [1], welche, einmal gerichtet, fortan genau die Zeit angibt, welche man hier zu Berlin hat, so daß sie jedesmal, wenn es hier Mittag ist, genau 12 Uhr zeigt; gesetzt, ihr Gang sey so regelmäßig, daß ich nichts mehr an ihr zu machen hätte, nachdem sie einmal gerichtet ist, und ferner, daß ihr Gang auch nicht gestört werde, weder wenn ich sie auf einen Wagen mitnehme, noch wenn sie sich auf einem Schiffe im

[1] Eine nach der Sonne gerichtete Uhr kann jedoch nicht stets mit diesem Gestirne übereinstimmen, weil die Sonnentage nicht das ganze Jahr hindurch von gleicher Dauer sind, oder mit andern Worten, weil zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen der Sonne durch den Meridian nicht immer gleich viel Zeit verfließt. Diese Ungleichheit hängt von zwei verschiedenen Ursachen ab: 1) von der ungleichen Winkelgeschwindigkeit der Sonne auf ihrer scheinbaren Bahn um die Erde; 2) von der Neigung dieser Bahn gegen den Aequator der Erde, welche etwa 23° 28′ beträgt. Deßwegen denken sich die Astronomen eine mittlere Sonne, welche sie auf dem Aequator in derselben Richtung laufen lassen, wie die wahre Sonne, aber mit einer Geschwindigkeit, welche gleichförmig und der mittlern Winkelgeschwindigkeit des wirklichen Gestirnes auf seiner scheinbaren Bahn gleich ist. Die Bewegung dieser angenommenen Sonne ist somit frei von den beiden Unregelmäßigkeiten der wirklichen Sonne, und nach ihr richtet man daher die Uhren, indem man über eine für beide Gestirne gemeinschaftliche Abgangszeit übereingekommen ist.

offenen Meer befindet, wo sie Erschütterungen und Bewegungen aller Art ausgesetzt ist.

Wenn ich nun mit dieser Uhr eine Reise, sey es zu Land oder zu Wasser mache, und versichert bin, daß sie stets dieselbe Bewegung beibehält, wie wenn ich zu Berlin geblieben wäre, so wird sie mir jeden Tag in demselben Augenblicke 12 Uhr zeigen, in welchem es zu Berlin 12 Uhr ist, ich mag mich wo immer befinden. Auf dieser Reise komme ich nun zuerst nach Magdeburg; ich beobachte dort die Sonne, wenn sie durch den Meridian geht, was eintrifft, wenn sie sich genau in südlicher Richtung befindet; weil es nun in diesem Augenblick zu Magdeburg Mittag ist, so sehe ich nach meiner Uhr und finde, daß sie $12^h\ 6'\ 40''$ zeigt; hieraus schließe ich, daß, wenn es in Magdeburg Mittag ist, Berlin schon Nachmittag hat und der Unterschied $6'\ 40''$ Zeit beträgt, welche $1^\circ\ 40'$ entsprechen, um die der Meridian von Magdeburg westlicher liegt, als der von Berlin. Da nun die Länge von Berlin $31^\circ\ 7'\ 15''$ beträgt, so muß jene von Magdburg um $1^\circ\ 40'$ kleiner, oder gleich $29^\circ\ 27'\ 15''$ seyn.

Von da reise ich mit meiner Uhr, ohne sie zu berühren, nach Hamburg, und finde bei der Beobachtung des Mittags (denn ich werde mich nicht auf die dortigen öffentlichen Uhren verlassen), daß meine Uhr schon $12^h\ 13'\ 33''$ zeigt, so daß es also zu Berlin schon $13'\ 33''$ Nachmittags ist, wenn man in Hamburg Mittag hat; hieraus schließe ich, daß der Meridian von Hamburg um $3^\circ\ 25''\ 5''$ westlicher liegt, als der von Berlin, wobei ich 15° für eine Stunde, und folglich einen Grad für 4 Minuten Zeit rechne, woraus hervorgeht, daß $13'\ 33''$ Zeit $3^\circ\ 23'\ 15''$ für den Unterschied der Meridiane geben. Die Länge von Hamburg wird daher $27^\circ\ 44'$ seyn.

In Hamburg schiffte ich mich mit meiner Uhr ein und komme nach einer langen Reise an einen Ort, wo ich den Mittag erwarte (dessen Augenblick ich durch meine Sonnenbeobachtungen bestimme), und finde, daß meine Uhr erst $10^h\ 58'\ 15''$ zeigt, so daß es also in dem Augenblick in Berlin noch Vormittag ist, und der Unterschied $1^h\ 1'\ 45''$ beträgt. Ich schließe hieraus, daß der Ort, an den ich gekommen bin, östlicher liegt als Berlin; weil nun eine Stunde Zeit 15°, eine Minute Zeit $15'$ und $45''$ Zeit $11'\ 15''$ geben, so beträgt der Meridianunterschied $15^\circ\ 26'\ 15''$. Ich befinde mich also in einem von Berlin östlich liegenden Orte,

dessen Länge um 15° 26′ 15″ größer ist, als die Länge von Berlin; da nun diese 31° 7′ 15″ beträgt, so muß jene des Ortes, wo ich mich jetzt befinde, 46° 33′ 30″ seyn. So weiß ich nun, auf welchem Meridiane ich mich befinde, bin aber über den Punkt dieses Meridians noch ungewiß. Ich nehme nun astronomische Beobachtungen zu Hilfe, suche die Polhöhe und finde diese genau gleich 41°. Da ich ferner weiß, daß ich noch in der nördlichen Halbkugel bin, indem ich den Aequator nicht überschritten habe, so ersehe ich, daß ich mich an einem Orte befinde, der eine nördliche Breite von 41° und eine Länge von 46° 33′ 30″ hat. Nehme ich nun eine Landkarte, ziehe auf ihr den Meridian, dessen Länge 46° 33′ 30″ ist, und suche den Ort, dessen Breite 41° beträgt, so finde ich, daß dieser Ort Constantinopel ist, ohne daß ich irgend Jemanden um den Namen der Stadt zu befragen brauchte.

Wohin ich nun noch mit meiner ausgezeichneten Uhr kommen könnte, ich würde auf gleiche Weise die Länge bestimmen, und die Beobachtung der Polhöhe gäbe mir die Breite. Ich habe dann nur einen Erdglobus oder gute Landkarten zur Hand zu nehmen, und es wird mir leicht, den Punkt zu bestimmen, wo ich mich befinde, so unbekannt das Land mir im Uebrigen auch seyn mag.

Allein es ist sehr zu bedauern, daß die ausgezeichnetsten Arbeiter bis jetzt noch nicht im Stande waren, so vorzügliche Uhren zu verfertigen, wie sie diese Methode erfordert. Man hat wohl sehr gute Pendeluhren, aber diese gehen nur regelmäßig, so lange sie in einem vollkommen ruhigen Zimmer fest aufgehängt sind; die geringsten Stöße und selbst die leichtesten Erschütterungen sind zureichend sie zu stören, und solche Pendeluhren sind daher auf Reisen durchaus unbrauchbar. Man begreift auch leicht, daß die Bewegung des Pendels, welche den Gang der Uhr regelt, die Erschütterungen, denen sie auf der Reise ausgesetzt wäre, nicht ertragen könnte. Indessen sind es nun etwa zehn Jahre her, seit ein englischer Arbeiter sich rühmte, eine solche Uhr verfertigt zu haben, welche von den Erschütterungen einer Reise nicht leide, und man hat selbst behauptet, daß man nicht die mindeste Störung an ihr bemerkt habe, nachdem sie lange Zeit in einem Wagen herumgeführt worden sey; auf dieses hin wurde dem Erfinder auch wirklich ein Theil des Preises ausbezahlt, der auf die Bestimmung der Länge gesetzt war, und der Rest sollte ihm ausbezahlt werden, wenn die Probe auf einer längern Seereise gemacht worden wäre. Allein seit dieser Zeit meldeten die Zeitungen nichts mehr darüber, woraus

zu schließen ist, daß diese Unternehmung ebenso fehlschlug, wie eine Menge andere, welche zu demselben Zwecke gemacht wurden [1].

Den 19. September 1761.

Dreiunddreißigster Brief.

Die Mondsfinsternisse als drittes Hilfsmittel für die Bestimmung der Länge.

In Ermanglung einer so vorzüglichen Uhr, von der ich Ew. H. einen Begriff zu geben die Ehre hatte, betrachtete man seither die Mondsfinsternisse als das sicherste Hilfsmittel für die Bestimmung der Länge. Allein es ist Schade, daß diese Ereignisse so selten eintreten, und man sich daher ihrer nicht immer bedienen kann, wenn es nöthig wäre.

Ew. H. wissen, daß der Mond verfinstert wird, wenn er durch den Schatten der Erde geht. Ereignet sich nun dieses, so kann man sowohl den Augenblick beobachten, in welchem der Mond in den Schatten der Erde eintritt, als jenen, in welchem er denselben verläßt; der erste Zeitpunkt heißt der Anfang, der zweite das Ende der Finsterniß; beobachtet man beide, so heißt das Mittel zwischen ihnen die Mitte der Finsterniß. Mitunter tritt der Mond ganz in den Schatten der Erde und bleibt dann während einiger Zeit vollkommen unsichtbar; eine solche Finsterniß heißt eine totale, und hiebei kann man zwei weitere Zeitpunkte beobachten, nämlich den, wo der Mond vollends verschwindet, und den, wo er wieder aus dem Schatten hervorkommt; jener heißt der Anfang, dieser das Ende der totalen Verfinsterung. Wenn aber nur ein Theil

[1] Durch eine Parlaments-Acte wurde im Jahre 1714 demjenigen ein Preis von 20000 Pf. Sterling zugesichert, welcher eine Methode angebe, mittels der man die Länge auf einen halben Grad genau finden könne. Harrison, ein einfacher Zimmermann in einer Provinz von England, beschäftigte sich mit dieser Aufgabe 40 Jahre lang, und verfertigte eine Schiffsuhr, welche im Jahre 1761 (der Zeit, in welcher diese Briefe geschrieben sind) auf einem nach Jamaika bestimmten Schiffe geprüft wurde. Nach 147 Tagen war sie nur um 1′ 54″ abgewichen; da nun ½ Grad Länge nur 2′ Zeit ausmacht, so gab also die Uhr nach 5 Monaten die Länge auf ½ Grad genau an. Dennoch erhielt Harrison, nach einer so nützlichen Entdeckung, nur die Hälfte des Preises, indem das Parlament die Auszahlung der andern Hälfte bis dahin verschob, wo Harrison die Erklärung seiner Vorrichtung so einfach gegeben haben würde, daß sie leicht nachgemacht werden könne.

des Mondes verfinstert wird, so heißt die Verfinsterung eine partiale, und dann hat man nur die beiden Augenblicke des Anfangs und des Endes der Verfinsterung zu beobachten. Uebrigens wissen Ew. H., daß die Mondsfinsternisse sich nur zur Zeit des Vollmonds und auch da nur ziemlich selten ereignen.

Wenn man nun eine Mondsfinsterniß an zwei unter verschiedenen Meridianen liegenden Orten beobachtet, so wird man den Anfang der Verfinsterung zwar in demselben Augenblicke wahrnehmen, allein die Uhren dieser Orte werden nicht dieselbe Zeit zeigen; ich rede hier natürlich nur von gut gehenden Uhren, deren jede genau 12 Uhr zeigt, wenn es an ihrem Orte Mittag ist. Sind beide Beobachtungsorte auf demselben Meridian, so werden beide Uhren sowohl beim Anfang als beim Ende dieselbe Zeit zeigen; sind aber die beiden Meridiane um 15 Grade von einander entfernt, oder beträgt ihr Längenunterschied 15°, so müssen die Uhren sowohl beim Anfang als beim Ende der Finsterniß um eine ganze Stunde von einander abweichen; die Uhr, welche sich weiter östlich befindet, wird eine Stunde mehr oder später zeigen als die andere; ebenso wird ein Längenunterschied von 30° für die Zeit, welche die Uhren zeigen, einen Unterschied von zwei Stunden verursachen; ein Längenunterschied von 45° gibt einen Zeitunterschied von drei Stunden u. s. f., wie die folgende Tabelle zeigt:

Grade:	15,	30,	45,	60,	75,	90,	105,	120,	135,	150,	165,	180.
Stunden:	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,	10,	11,	12.

Man ersieht hieraus, daß die Uhren sowohl beim Anfang als beim Ende der Finsterniß um 10 Stunden von einander abweichen müssen, wenn der Längenunterschied 150° beträgt.

So wird man nun auch umgekehrt, wenn dieselbe Finsterniß an zwei verschiedenen Orten beobachtet wird, und man die Uhrzeit beim Anfang der Finsterniß genau bemerkt, aus dem Unterschiede dieser Zeiten ableiten können, um wieviel die beiden Orte in der Länge verschieden sind. Weil derjenige Ort, dessen Zeit weiter vorgeschritten ist, östlicher liegt, so muß auch seine Länge größer seyn, da man die Längen von West nach Ost zählt.

Durch dieses Mittel hat man auch die Länge der wichtigsten Orte der Erde bestimmt, und nach diesen Bestimmungen die Landkarten verzeichnet. Allein man mußte hiebei immer die Beobachtungen von einem Orte, dessen Länge noch unbekannt war, mit den an einem bekannten Orte gemachten vergleichen, und daher warten, bis man diese Vergleichung machen konnte. Wenn ich also nach

einer langen Reise an einen unbekannten Ort käme, und dort auch Gelegenheit fände, eine Mondsfinsterniß zu beobachten, so würde mir dieses doch noch nicht sogleich zur Kenntniß meiner Länge verhelfen; ich müßte warten, bis ich zurückgekehrt wäre, um meine Beobachtung mit einer an einem bekannten Orte gemachten zu vergleichen, und so würde ich zu spät erfahren, wo ich damals war. Allein ich sollte hierüber sogleich Aufklärung haben, um meine Maaßregeln danach nehmen zu können.

Auch in dieser Beziehung kann man indessen befriedigt werden, seit die Bewegung des Mondes so genau bekannt ist, daß man nicht nur alle Finsternisse vorhersagen, sondern auch sowohl den Anfang als das Ende nach der Zeit irgend eines bekannten Ortes genau vorausbestimmen kann. Ew. H. wissen, daß die Kalender von Berlin stets für jede Finsterniß Anfang und Ende nach Berliner Zeit angeben. Wer also eine weite Reise unternehmen will, kann einen Kalender von Berlin kaufen; findet er dann Gelegenheit, an einem unbekannten Orte eine Mondsfinsterniß zu beobachten und die Zeit derselben nach einer Uhr, die er an dem Orte genau nach dem Mittage gerichtet hat, zu bemerken, so braucht er nur den Augenblick des Anfangs und des Endes mit dem im Kalender angegebenen zu vergleichen, um sich über den Unterschied zwischen dem Meridian von Berlin und jenem, der durch den Beobachtungsort geht, Gewißheit zu verschaffen.

Indessen hat diese Methode, außer der Unbequemlichkeit, daß die Mondsfinsternisse nur selten sich ereignen, noch eine andere, die darin besteht, daß man den Augenblick, in welchem die Finsterniß anfängt und endet, nicht scharf genug erkennen kann, indem dieses beinahe unmerklich eintritt, und ein Irrthum um mehrere Zeitsekunden möglich ist. Da indessen der Fehler ungefähr für den Anfang und das Ende gleich seyn wird, so nimmt man zwischen den beiden Beobachtungen das Mittel, und erhält so die Mitte der Finsterniß, die man dann mit der im Kalender für Berlin, oder irgend einem andern bekannten Ort, angegebenen vergleicht.

Uebrigens gibt es für den Fall, daß die Kalender des nächsten Jahres noch nicht gedruckt wären, wenn Jemand verreisen wollte, oder wenn seine Reise mehrere Jahre nach einander dauern würde, noch andere Bücher, worin die Finsternisse für mehrere auf einander folgende Jahre voraus berechnet sind. Den 22. September 1761.

Vierunddreißigster Brief.

Die Beobachtung der Verfinsterungen der Trabanten des Jupiters gibt ein viertes Mittel für die Bestimmung der Länge.

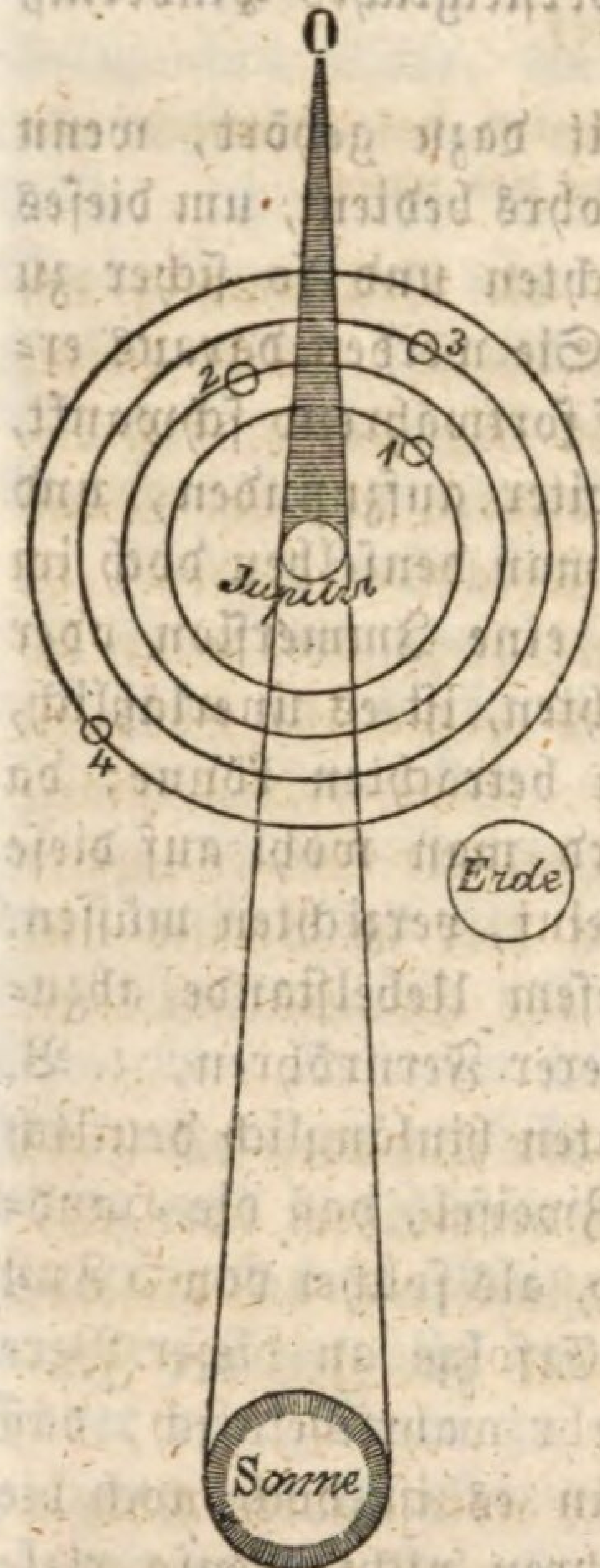
Auch die Sonnenfinsternisse können für die Bestimmung der Länge benützt werden, allein auf eine andere Weise, welche tiefere Untersuchungen verlangt. Die Ursache hievon liegt darin, daß dabei nicht die Sonne selbst verdunkelt wird, sondern daß der Mond nur vor die Sonne tritt und dadurch deren Strahlen hindert, zu uns zu gelangen; die Sache verhält sich ungefähr so, wie wenn ich meinen Hut vor die Sonne hielte, um mich gegen ihr Licht zu schützen, was natürlich Andere nicht hindert, ihren vollen Glanz zu sehen. Der Mond verdeckt auch in der That die Sonne immer nur einem Theile der Erde, und wir können hier in Berlin eine Sonnenfinsterniß haben, während zu Paris das Sonnenlicht keine Schwächung erleidet.

Der Mond aber wird in der That durch den Schatten der Erde verfinstert, und sein Licht selbst wird dadurch vermindert oder aufgehoben; daher kommt es, daß eine Mondsfinsterniß auf dieselbe Weise gesehen wird, und überall, wo der Mond zur Zeit der Finsterniß sich über dem Horizonte befindet.

Ew. H. ersehen daraus, daß, wenn sich noch andere Körper am Himmel befinden, die von Zeit zu Zeit eine wirkliche Verfinsterung erleiden, dieselben mit eben dem Erfolge, wie die Mondsfinsternisse, zur Bestimmung der Länge benützt werden könnten. Solche Körper sind nun die Trabanten des Jupiter, welche sogar so häufig durch den Schatten ihres Planeten gehen, daß beinahe keine Nacht verstreicht, wo nicht irgend einer derselben verfinstert wird. Die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten bieten uns daher ein sehr zweckmäßiges Mittel für die Bestimmung der Länge, und die Astronomen bedienen sich auch derselben mit gutem Erfolge.

Ew. H. wissen, daß der Jupiter vier Trabanten hat, welche sich um ihn bewegen, jeder in seiner eigenen Bahn, wie ich dieses in Fig. 57 durch die um den Jupiter gezogenen Kreise dargestellt habe; ich habe dabei auch die Sonne gezeichnet, um den Schatten AOB hinter dem Körper des Jupiters darstellen zu können. Man ersieht daraus, daß in unserer Figur der erste Trabant 1 nahe daran ist, in den Schatten einzutreten; der zweite, mit 2 bezeichnet, hat den Schatten so eben verlassen; der dritte 3 ist nicht weit von dem Eintritte entfernt, und der vierte 4 ist schon

Fig. 57.



längst wieder aus dem Schatten hervorgekommen.

So wie ein Trabant in den Schatten eintritt, wird er unsichtbar, und dieses erfolgt ziemlich schnell; so, daß man den Trabanten, der eben noch deutlich genug beobachtet wurde, plötzlich verschwinden sieht, gleichgültig, wo sich auch die Erde befinden mag. Ein solches Eintreten eines Trabanten in den Schatten des Jupiters heißt Immersion, und der *Austritt* Emersion; man sieht dann den Trabanten, welcher einige Zeit hindurch unsichtbar war, plötzlich wieder erscheinen.

Sowohl die Immersionen als die Emersionen sind für die Bestimmung der Länge gleich brauchbar, da sie sich in einem bestimmten Augenblicke ereignen; wenn man daher eine solche Erscheinung an verschiedenen Orten der Erde beobachtet, so wird die an der Uhr eines jeden Ortes bemerkte Zeit gerade so viel Unterschied zeigen, als der Unterschied der Meridiane erfordert. Es ist gerade so, als würde man Anfang oder Ende irgend einer Mondsfinsterniß beobachten; die Sache hat dann weiter keine Schwierigkeiten. Man ist auch schon seit einiger Zeit im Stande, die Finsternisse der Jupiterstrabanten, d. h. ihre Immersionen und Emersionen voraus zu bestimmen, und man hat daher nur die beobachtete Zeit mit der für einen bekannten Ort, wie für Berlin, berechneten zu vergleichen, um die Entfernung des Meridians der Beobachtung von dem Berliner Meridian abzuleiten.

Man bedient sich auch allgemein dieser Methode bei Landreisen; allein man war bis jetzt noch nicht im Stande, die erforderlichen Hilfsmittel aufzufinden, um von dieser Methode der Ortsbestimmung Gebrauch zu machen, wenn man sich zu Schiffe befindet, wo doch die Noth am dringendsten ist. Wenn man die Jupiterstrabanten ebenso gut mit unbewaffneten Augen sehen könnte, wie den Mond, so würde die Anwendung dieser Methode auch auf dem Meere keine Schwierigkeit haben; allein der Umstand, daß man die Jupiterstrabanten nur durch Fernröhren von 4—5 Fuß Länge

sehen kann, setzt ihrer Anwendung ein unübersteigliches Hinderniß entgegen.

Ew. H. wissen, wie viele Geschicklichkeit dazu gehört, wenn man sich zu Lande eines etwas langen Fernrohrs bedient, um dieses auf den zu betrachtenden Gegenstand zu richten und so sicher zu halten, daß man ihn nicht wieder verliert; Sie werden daraus ersehen, daß es auf dem Meere, wo das Schiff fortwährend schwankt, beinahe unmöglich seyn muß, nur den Jupiter aufzufinden, und wenn man ihn auch gefunden hätte, würde man denselben doch im Augenblicke wieder verlieren. Allein um eine Immersion oder Emersion eines Jupiterstrabanten zu beobachten, ist es unerläßlich, daß man ihn während einiger Zeit bequem betrachten könne; da nun dieses zu Schiffe unmöglich ist, so wird man wohl auf diese Methode der Längenbestimmung, wie es scheint, verzichten müssen.

Indessen gäbe es zwei Mittel, um diesem Uebelstande abzuhelfen: das erste wäre die Erfindung kürzerer Fernröhren, z. B. von 6 Zoll, welche uns die Jupiterstrabanten hinlänglich deutlich zeigen würden; denn es unterliegt keinem Zweifel, daß die Handhabung so kurzer Fernröhren viel leichter sey, als solcher von 5 Fuß Länge. Man arbeitet wirklich mit vielem Erfolge an dieser Vervollkommnung der Fernröhren und es ist sehr wahrscheinlich, daß man damit zu Stande kommen wird; allein es ist doch noch die Frage, ob diese vervollkommneten Fernröhren nicht ebenso viele Geschicklichkeit erfordern werden, um sie zu richten, als die gewöhnlichen, welche so lange sind.

Das andere Mittel bestände darin, sich einen so festen und unbeweglichen Sitz auf dem Schiffe zu verschaffen, daß er gegen dessen Bewegungen vollkommen gesichert wäre. Es scheint, daß ein geschicktes Schweben hier zum Zwecke führen könnte. In der That las man vor nicht gar langer Zeit in den Zeitungen, daß ein Engländer sich rühmte, einen solchen Sitz erfunden zu haben, und daß er dafür auch den für die Bestimmung der Länge ausgesetzten Preis in Anspruch nahm. Er hatte Recht, weil man dadurch im Stande wäre, zu Schiffe die Immersionen und Emersionen der Jupiterstrabanten zu beobachten, welche unstreitig für die Bestimmung der Länge sehr wohl geeignet sind; allein man hat seither Nichts mehr davon gehört. Ew. H. werden daraus leicht abnehmen, welch großen Schwierigkeiten die Bestimmung der Länge unterworfen ist.

Den 26. September 1761.

Fünfunddreißigster Brief.

Fünfte Methode zur Bestimmung der Länge durch die Bewegung des Mondes.

Der Himmel bietet uns noch ein weiteres Hilfsmittel zur Bestimmung der Länge, ohne daß wir dabei die Fernröhren nöthig hätten, und die Astronomen scheinen auf dieses das meiste Vertrauen zu setzen. Der Mond muß hiezu dienen, und zwar nicht nur, wenn er verfinstert wird, sondern jeder Zeit, wenn er überhaupt nur sichtbar ist; letzteres ist ohne Zweifel ein großer Vortheil, indem die Finsternisse sich zu selten ereignen, und auch die Immersionen und Emersionen des Jupiterstrabanten nicht immer nach unserem Wunsche eintreten; denn der Jupiter ist alljährlich eine ziemlich beträchtliche Zeit lang unsichtbar, während der Mond sich fast immer unserm Auge darbietet.

Ew. H. haben wohl schon bemerkt, daß der Mond täglich um etwa drei Viertelstunden später aufgeht. Der Grund davon liegt darin, daß der Mond in Bezug auf die Fixsterne keine unveränderliche Stellung einnimmt, während die Fixsterne selbst gegen einander immer die gleiche Lage haben, obgleich sie mit dem ganzen Himmel fortzurücken scheinen, um täglich ihren Lauf um die Erde zu vollenden. Ich rede hier nach dem Augenscheine, denn in der That ist es die Erde, welche täglich sich um ihre Axe wälzt, und der Himmel sammt den Sternen bleibt in Ruhe, während die Sonne und die Planeten ihre Stellung in Bezug auf die Fixsterne stets wechseln. Der Mond aber ist unter den Gestirnen den größten Veränderungen unterworfen, und weil er von einem Tag zum andern seine Stellung sehr bedeutend ändert, so gibt gerade dieses ein Mittel zur Bestimmung der Länge.

Wenn wir heute den Mond nahe bei einem gewissen Fixsterne gesehen haben, so erscheint er morgen um dieselbe Stunde schon bedeutend in östlicher Richtung von ihm entfernt, und es kann die Entfernung manchmal selbst mehr als 15 Grade betragen. Die Schnelligkeit seiner Bewegung ist nicht immer gleich, indessen kann man sie für jeden Tag sehr genau bestimmen, wodurch wir im Stande sind, seinen wahren Ort am Himmel für jede Stunde aller Tage im Voraus zu wissen, indem wir die Zeit nach den Uhren unter irgend einem bekannten Meridiane, wie etwa dem Meridian von Berlin oder Paris, angeben.

Dieses vorausgesetzt, wollen wir annehmen, ich befände mich

nach einer langen Reise auf dem Meere an irgend einer gänzlich unbekannten Stelle, und nun nachsehen, wie ich mich des Mondes bedienen könnte, um die Länge meines Ortes kennen zu lernen; denn was die Breite betrifft, so hat die Sache keine Schwierigkeit, selbst nicht auf dem Meere, für welches man hinreichend sichere Hilfsmittel kennt, um die Polhöhe zu bestimmen, welcher ja die Breite stets gleich ist. Ich würde also meine ganze Aufmerksamkeit dem Monde zuwenden, ihn mit den zunächststehenden Fixsternen vergleichen und daraus seinen wahren Ort am Himmel in Bezug auf die Fixsterne kennen lernen. Ew. H. wissen, daß man Himmelskugeln hat, auf welchen alle Fixsterne verzeichnet sind, und daß man auch den Landkarten ähnliche Himmelskarten verfertigt, auf welchen die an einem gewissen Theile des Himmels befindlichen Fixsterne dargestellt sind. Nehme ich nun eine solche Himmelskarte, welche die Fixsterne in der Umgebung des Mondes enthält, so werde ich den wahren Ort des Mondes leicht auf derselben bezeichnen können, und meine Taschenuhr, die ich für den Ort nach der Beobachtung des Mittags richtig gestellt habe, wird mir die Zeit für meine Beobachtung angeben. Nachher berechne ich gemäß der bekannten Bewegung des Mondes für Berlin die Zeit, zu welcher er an derselben Stelle des Himmels, wo ich ihn gesehen habe, erscheinen muß. Stimmt die beobachtete Zeit mit der Berliner Zeit vollkommen überein, so ist dieses ein Zeichen, daß mein Ort sich genau auf dem Meridiane von Berlin befindet, also auch dieselbe Länge hat wie Berlin. Ist aber die Zeit meiner Beobachtung von der Berliner Zeit verschieden, so zeigt mir dieser Unterschied auch den Längenunterschied an, und wenn ich für je eine Stunde 15 Grade rechne, so finde ich, um wieviel die Länge meines Ortes größer oder kleiner ist als jene von Berlin, wobei immer die Länge des Ortes, dessen Zeit am meisten vorgeschritten, auch die größere ist.

Das wären also die Grundzüge der Methode, durch einfache Mondsbeobachtungen die Länge zu bestimmen. Um hiebei sicherer zu gehen, muß ich noch bemerken, daß jene die glücklichsten Augenblicke für die genaue Ortsbestimmung des Mondes sind, in welchen sich ein Fixstern gerade hinter dem Monde verbirgt; man nennt dieses eine Bedeckung, und es sind dabei zwei Augenblicke zu beobachten: der, wo der Mond durch seine Bewegung den Stern bedeckt, und jener, wo der Stern wieder zum Vorschein kommt. Die Astronomen wenden vielen Fleiß darauf, diese Augenblicke der

Bedeckung genau zu erhalten, um daraus den wahren Ort des Mondes zu bestimmen.

Ich erwarte einen Einwurf, den mir Ew. H. in Bezug auf die Uhr machen werden, mit welcher ich unsern Beobachter zur See ausgerüstet voraussetzte, indem ich die Unmöglichkeit so vollkommener Uhren, welche ungeachtet der Stöße des Schiffes stets gleichförmig gehen, behauptet habe. Allein diese Unmöglichkeit bezog sich nur auf solche Uhren, welche auf lange Zeit ihren Gang so genau beibehalten, daß sie nicht wieder gerichtet werden müssen; für die Beobachtungen aber, um welche es sich hier handelt, reicht auch eine gewöhnliche Taschenuhr aus, wenn dieselbe nur, nachdem sie auf den Mittag des Ortes, wo man sich befindet, gerichtet ist, während einiger Stunden gleichförmig fortgeht. Zweifelt man, daß man Abends oder Nachts, wenn der Mond beobachtet wird, noch auf sie zählen könne, so geben uns die Sterne ebenfalls sehr sichere Mittel an die Hand, um sie von Neuem zu richten; weil uns nämlich die Stellung der Sonne gegen die Fixsterne für jede Zeit vollkommen bekannt ist, so ist eine einzige Beobachtung eines Sternes zureichend, um den Ort der Sonne für diesen Augenblick zu bestimmen, und wir können daraus auf die Zeit schließen, welche die Uhr zeigen muß, wenn sie richtig geht. In demselben Augenblicke also, wo wir unsere Mondsbeobachtung gemacht haben, sind wir auch im Stande, durch die Sterne unsere Uhr zu richten, und für eine so kurze Zeit kann man den Gang jeder Uhr als regelmäßig annehmen.

Den 29. September 1761.

Sechsunddreißigster Brief.

Von den Vortheilen dieser letzten Methode, und dem Grade ihrer Genauigkeit.

Unter diesen verschiedenen Methoden zur Bestimmung der Länge scheint die letzte, auf die Mondsbeobachtungen gegründete, den Vorzug zu verdienen, weil die andern entweder zu vielen Schwierigkeiten unterworfen sind, oder die Gelegenheit, sie zu benützen, sich zu selten darbietet. Ew. H. sehen übrigens ein, daß der Erfolg dieser Methode von der Genauigkeit abhängt, die man bei den einzelnen Arbeiten erreicht, und daß die dabei gemachten Fehler zu Schlüssen führen müssen, auf welche man nicht zählen kann. Es ist daher von Wichtigkeit, Ew. H. den Grad von Genauigkeit ausein-

ander zu setzen, den man bei dieser Methode erreichen kann. Da dieselbe auf die beträchtliche Aenderung gegründet ist, welcher der Mond in seiner Stellung von einem Tag zum andern unterworfen ist, so können wir hieraus abnehmen, daß diese Aenderung noch mehr geeignet wäre, zur Bestimmung der Länge, und uns noch größere Genauigkeit gewähren würde, wenn sie noch beträchtlicher wäre. Wenn im Gegentheile diese Bewegung viel langsamer wäre, und wir dieselbe von einem Tage zum andern beinahe nicht unterscheiden könnten, so ist klar, daß wir sie dann auch nicht als Hilfsmittel für die Bestimmung der Länge benützen könnten.

Nehmen wir daher an, daß der Mond seine Stelle unter den Fixsternen in 24 Stunden um 12 Grade ändere, weil in der That seine Bewegung meistens noch größer ist; demnach wird er seine Stelle in zwei Stunden um einen Grad, und in einer Stunde um einen halben Grad oder um 30 Minuten ändern. Würden wir uns nun in der Beobachtung einer Stellung des Mondes um 30 Minuten irren, so wäre der Erfolg ebenso, wie wenn wir denselben eine Stunde früher oder später beobachtet hätten, und wir würden bei dem Schlusse auf den Meridianunterschied einen Fehler von einer Stunde machen. Allein eine Stunde Zeit entspricht einem Längenunterschied von 15 Graden, und folglich würden wir uns um 15 Grade in der Länge des Ortes, den wir suchen, irren; dieses wäre ohne Zweifel ein so ungeheurer Fehler, daß es wohl eben so gut wäre, die Länge gar nicht zu kennen; auch würde uns die einfache Schätzung des Weges, d. h. der Richtung und Länge desselben, so unsicher sie auch ist, doch niemals in einen solchen Fehler stürzen. Man müßte übrigens auch sehr ungeschickt seyn, um bei der Beobachtung des Mondsortes einen Fehler von 30 Minuten zu machen, und sich sehr roher Instrumente dabei bedienen, was nicht anzunehmen ist.

Die Instrumente mögen übrigens noch so vollkommen und die angewendeten Vorsichten noch so groß seyn, so wird man doch nicht alle Fehler vermeiden können, und man muß sehr geübt seyn, um sich nicht bei der Bestimmung des Mondortes um eine Minute zu irren. Da nun aber der Mond seine Stellung in einer Stunde, oder 60 Zeitminuten, um 30 Minuten ändert, so ändert er sie um eine Minute in zwei Zeitminuten; irrt man sich daher in der Stellung des Monds um eine Minute, so entsteht daraus für den Unterschied der Meridiane ein Fehler von zwei Minuten Zeit. Da nun aber eine Stunde oder 60 Minuten 15 Graden der Länge ent=

sprechen, so entsteht hieraus ein Irrthum von einem halben Grade für die Länge, und dieser Grad von Genauigkeit wäre hinlänglich, wenn wir ihn nur erreichen könnten.

Ich habe bis daher vorausgesetzt, unsere Kenntniß der Bewegung des Mondes sey so vollkommen, daß wir den wahren Ort desselben in Bezug auf einen bekannten Meridian für jeden Augenblick ohne Fehler bestimmen können; allein wir sind von solcher Vollkommenheit noch weit entfernt. Es sind noch keine zwanzig Jahre her, daß man sich bei dieser Rechnung um 6 Minuten und mehr irrte, und erst seit jener Zeit gelang es dem geschickten Professor Mayer zu Göttingen, indem er den von mir vorgeschlagenen Weg verfolgte, diesen Fehler durchschnittlich auf weniger als eine Minute herunter zu bringen. Es könnte sich daher wohl ereignen, daß wir in der Rechnung auch einen Fehler von einer Minute machten; dieser Fehler, verbunden mit dem Fehler von einer Minute, den wir bei der Mondsbeobachtung gemacht haben, würde den daraus für die Länge des Ortes, wo wir uns befinden, hervorgehenden Irrthum verdoppeln, und dieser könnte daher wohl einen ganzen Grad betragen. Indessen ist es gut, hier noch zu bemerken, daß, wenn der Mond in 24 Stunden mehr als 12 Grade zurücklegt, der Fehler in der Länge noch weniger beträchtlich wird.

Vielleicht findet man Mittel, die bis jetzt sowohl in der Beobachtung als in der Rechnung noch unvermeidlichen Fehler weiter zu verringern, und dann wird uns diese Methode die Länge auf weniger als einen Grad genau angeben. Allein auch ohne diese Verbesserung darf man hoffen, eine größere Genauigkeit zu erreichen. Man braucht nur mehrere solche Beobachtungen zu machen, was möglich ist, wenn man mehrere Tage an einem Orte verweilt; man hat dann nicht zu fürchten, daß alle Schlüsse nach der gleichen Seite hin fehlerhaft seyn werden; einige werden die gesuchte Länge zu groß, andere sie zu klein angeben, und man wird daher, wenn man das Mittel aus allen Folgerungen nimmt, versichert seyn können, daß die so erhaltene Länge um weit weniger, als um einen Grad, von der Wahrheit abweicht.

Die Engländer, welche durch ihre Freigebigkeit diese Entdeckung fördern wollten, haben einen dreifachen Preis darauf gesetzt: einen von 10000, einen von 15000 und einen dritten von 20000 Pfund Sterling. Der erste ist Demjenigen bestimmt, welcher die Länge auf einen Grad genau bestimmen könnte, so daß man versichert wäre, der Fehler überschreite einen Grad nicht. Der zweite ist dem

zugedacht, welcher die Aufgabe noch genauer löst, so daß der zu fürchtende Fehler zwei Dritttheile eines Grades oder 40 Minuten niemals überschreitet. Den dritten endlich wird jener erhalten, welcher im Stande seyn wird, die Länge so genau zu bestimmen, daß der Fehler niemals einen halben Grad oder 30 Minuten übersteigt; auf einen höhern Grad von Genauigkeit macht man keinen Anspruch. Alle diese Preise sind noch unangetastet, mit Ausnahme jenes Antheils, den der erwähnte Uhrenmacher erhielt, welcher behauptete, so vollkommene Uhren verfertigt zu haben. Professor Mayer macht nun, und meines Erachtens mit Recht, auf den höchsten Preis Anspruch [1]. Den 3. October 1761.

Siebenunddreißigster Brief.

Ueber den Kompaß und die Eigenschaften der Magnetnadel.

Ew. H. werden nun in Betreff der Bestimmung der Länge hinreichend unterrichtet seyn; ich hatte die Ehre, Ihnen mehrere dazu dienliche Mittel aus einander zu setzen.

Das erste und natürlichste besteht in sorgfältiger Beobachtung der Länge und Richtung des Wegs; allein sowohl die Stürme, denen man oft auf dem Meere ausgesetzt ist, als die Strömungen machen diese Methode unbrauchbar.

Die zweite Methode setzt den Bau einer so vollkommenen Uhr voraus, daß sie stets gleichförmig geht, ungeachtet der Stöße, welchen sie auf der Reise ausgesetzt ist; allein die Künstler haben die zur Ausführung eines solchen Werkes erforderlichen Mittel noch nicht ausfindig gemacht.

Die dritte Methode gründet sich auf die Beobachtung der Mondsfinsternisse und würde Nichts zu wünschen übrig lassen; ihr einziger Fehler ist, daß die Gelegenheit, sie zu benützen, sich zu selten dar-

[1] Es ist heut zu Tage, Dank dem Fortschritte der Wissenschaft, möglich, durch eine einzige Doppelbeobachtung der Mondsdistanz mittels des Reflexionskreises, die nur wenige Minuten Zeit zu ihrer Ausführung erheischt, die Länge bis auf $1/4$ Grad genau zu bestimmen, was am Aequator nur noch eine Unsicherheit von etwa $7 1/2$ Wegstunden (6 Lieues) übrig läßt. Die Schiffsuhren geben ungeachtet ihrer hohen Vollkommenheit diese Genauigkeit noch nicht, und auch heute noch ist der Himmel das sicherste und genaueste Hilfsmittel fur die Bestimmung der Länge.

bietet und daß man sich also ihrer nicht bedienen kann, wenn es am nöthigsten wäre.

Die vierte berücksichtigt die Finsternisse der Jupiterstrabanten, welche für den gedachten Zweck sehr geeignet wären, wenn man nur Mittel fände, um sich zu Schiffe der Fernröhren zu bedienen, ohne welche man diese Trabanten nicht sehen kann.

Endlich haben uns die Beobachtungen des Mondes selbst die fünfte Methode geliefert, welche vor allen ausführbar scheint; sie erfordert nur, daß man im Stande sey, den Ort des Mondes am Himmel so genau zu beobachten, daß die dabei unvermeidlichen Fehler eine Minute nicht übersteigen, damit man sich sicher niemals um mehr als einen Grad in der Bestimmung der Länge irre.

Auf diese fünf Methoden haben jene, welche sich bisher mit dieser Frage beschäftigten, vorzugsweise ihre Forschungen gerichtet; allein es gibt noch eine sechste, welche eben so geeignet scheint, uns zu der Auflösung der Aufgabe zu führen, wenn sie nur besser bearbeitet wird; vielleicht gibt sie uns einst noch für die Bestimmung der Länge die sichersten Mittel an die Hand, obgleich wir für jetzt noch weit hievon entfernt sind.

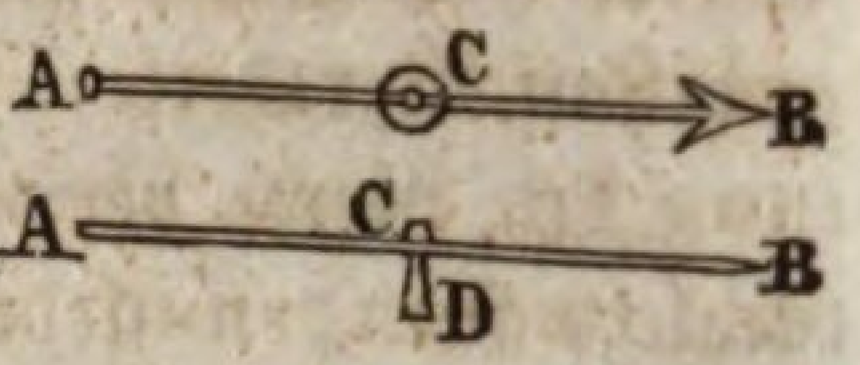
Diese Methode ist nicht dem Himmel entnommen, sie hängt nur von der Erde ab und gründet sich auf die Natur des Magnets und des Kompasses. Die Auseinandersetzung dieser Methode eröffnet mir daher den Weg, Ew. H. über den wichtigen Abschnitt der Naturlehre zu unterhalten, welcher die magnetische Kraft betrifft; und ich hoffe, daß Sie geruhen, die Erläuterungen, welche ich darüber zu geben die Ehre haben werde, Ihrer Aufmerksamkeit zu würdigen.

Vorerst werde ich meine Betrachtungen auf die vorliegende Aufgabe, nämlich die Bestimmung der Länge, beschränken, und hiefür ist es ausreichend, überhaupt zu bemerken, daß der Magnet ein Stein ist, welcher Eisen anzieht und eine gewisse Richtung annimmt, und daß er diese Eigenschaft auch dem Eisen und dem Stahle mittheilt, wenn man diese nur mit einem Magnete reibt oder berührt. Allein ich behalte mir vor, diese Eigenschaft in der Folge gründlicher aus einander zu setzen, und ihre Natur zu erklären.

Ich beginne daher mit einer Beschreibung der Magnetnadel, welche, wenn sie auf eine gewisse Weise für den Gebrauch der Schifffahrt eingerichtet ist, den Namen Kompaß führt.

Man läßt hiezu aus gutem Stahl eine Nadel, etwa wie Fig. 58, verfertigen, deren Ende B zugespitzt ist, um es besser vom

Fig. 58.



andern, A, zu unterscheiden; sie wird in der Mitte C mit einem kleinen von unten ausgehöhlten Hütchen versehen, um sie auf einen Stift oder eine Spitze D setzen zu können, wie die zweite Figur zeigt.

Nehmen wir an, die beiden Seiten der Nadel seyen so gearbeitet, daß sie sich vollkommen das Gleichgewicht halten und die Nadel sich frei auf dem Stifte drehen könne, so daß sie in jeder Stellung in Ruhe bleibe, oder im Gleichgewichte sey. Es ist zweckmäßig, wenn man die Nadel, bevor sie magnetisirt wird, so gut wie möglich härtet. Reibt oder berührt man sie hierauf mit einem starken Magnete, so wird sie alsbald magnetisch werden. Die beiden Seiten sind dann nicht mehr im Gleichgewichte, sondern die eine, etwa B, wird sich nach unten neigen, wie wenn sie schwerer geworden wäre, so daß man, um das Gleichgewicht herzustellen, entweder Etwas von B wegnehmen oder bei A ein kleines Gewicht hinzufügen muß. Die Arbeiter machen übrigens, da sie diese durch den Magnetismus bewirkte Aenderung vorherwissen, schon die eine Seite B ein wenig leichter als die andere A, damit die Nadel nach dem Magnetisiren von selbst eine horizontale Stellung annehme.

Diese Nadel erlangt aber hiebei noch eine andere weit merkwürdigere Eigenschaft: es ist nämlich für sie jetzt nicht mehr jede Richtung gleichgültig, wie vorher, sondern sie nimmt nur eine bestimmte Richtung an, und stellt sich so, daß das Ende B ungefähr gegen Norden, das andere A aber gegen Süden gerichtet ist, oder, was dasselbe ist, die Richtung der Magnetnadel fällt ungefähr mit der Richtung der Mittagslinie zusammen.

Ew. H. erinnern sich, daß man, um eine Mittagslinie zu ziehen, welche uns die Richtung von Nord nach Süd weiset, astronomische Hilfsmittel anwenden muß, weil die Bewegung der Sonne und der Sterne diese Richtung bestimmt; so daß wir, wenn uns die nöthigen Instrumente fehlen, oder der Himmel gar bedeckt ist, diesem keinerlei Hilfsmittel für die Ziehung einer Mittagslinie entnehmen können. Daher wird uns die erwähnte Eigenschaft der Magnetnadel um so bewundernswerther, als sie uns zu jeder Zeit und an jedem Orte nach Norden weist, wovon die übrigen Richtungen, nach Ost, Süd und West, abhängen. Darum wurde der Gebrauch der Magnetnadel oder des Kompasses ganz allgemein, indem es in mehreren Fällen unabweisbar nöthig ist, die hauptsächlichsten Weltgegenden zu kennen.

Der Kompaß gewährt jedoch besonders bei der Schifffahrt die größten Vortheile, weil der Lauf des Schiffes immer nach Anleitung der Land- oder Seekarten, welche uns die einzuhaltende Richtung weisen, nach einer gewissen Weltgegend gerichtet seyn muß, um an einen bestimmten Ort zu gelangen. Vor der Erfindung des Kompasses war man daher auch nicht im Stande, irgend größere Seereisen zu unternehmen; kaum wagte man es, sich von den Küsten zu entfernen, und sobald man sie aus dem Gesichte verlor, war man in Gefahr, sich auf dem Meere zu verirren, wenn der Himmel nicht gerade klar war, und die Sterne die Weltgegenden zeigten.

Ein Schiff auf offenem Meere befindet sich ohne die Kenntniß der Weltgegenden gerade in dem Falle, wie ein Mensch, der mit verbundenen Augen nach der Domkirche von Magdeburg gehen müßte; ein solcher Mensch wird nach einer ganz andern Richtung gehen, als er sich einbildet. Der Kompaß ist daher der hauptsächlichste Führer zur See, und erst nachdem diese wichtige Erfindung gemacht war, wagte man es, den großen Ocean zu durchschiffen und entdeckte man die neue Welt. Und in der That, was sollte ein Steuermann während oder nach einem Sturme machen, wenn er sich an dem Himmel darüber nicht Raths erholen kann, welche Richtung er einhalten soll? Er wüßte nicht, ob er nach Nord oder Süd, oder nach irgend einer andern Weltgegend steuert, und würde sich bald so verirren, daß er sich nicht mehr zu retten wüßte. Allein der Kompaß zieht ihn vorerst aus dieser großen Verlegenheit, er zeigt ihm die Weltgegenden und schützt ihn vor Verirrung. Ew. H. beurtheilen hieraus leicht, wie wichtig die Erfindung der Magnetnadel oder des Kompasses ist. Den 6. October 1761.

Achtunddreißigster Brief.

Ueber die Abweichung der Magnetnadel und die Art, sie zu beobachten.

Obgleich eine Magnetnadel eine von Süd gegen Nord gerichtete Stellung annimmt, so gibt es doch zufällige Umstände, welche diese Richtung zu stören vermögen, und die man daher sehr sorgfältig vermeiden muß. Diese Störung wird bewirkt durch die Nähe von einem andern Magnete oder von Stahl und Eisen. Ew. H. dürfen einer Magnetnadel nur ein Messer nähern; sie wird alsbald ihre natürliche Richtung verlassen, um sich gegen das Messer zu wenden, und man kann sie in jede mögliche Richtung bringen, wenn

man das Messer rund um sie herum führt. Will man daher versichert seyn, daß eine Magnetnadel ihre natürliche Richtung einnehme, so muß man Eisen und Stahl ebenso von ihr entfernen, wie andere Magnete; man kann dieser Bedingung um so leichter genügen, als diese Substanzen die Richtung der Magnetnadel nur dann stören, wenn sie ihr sehr nahe sind; sobald sie auch nur wenig entfernt sind, wird ihre Wirkung ganz unmerklich, es müßte denn der störende Körper ein sehr starker Magnet seyn, welcher allerdings auch noch in der Entfernung von mehreren Fußen auf die Nadel wirken könnte.

Dieses wäre jedoch vom bloßen Eisen nicht zu fürchten, und darum kann man sich des Kompasses selbst in Eisenminen bedienen. Ew. H. begreifen nämlich wohl, daß man sich in den Bergwerken unter der Erde in demselben Falle befindet, wie auf offenem Meere, wenn der Himmel bedeckt ist, und daß man sich dort ebenfalls an die Weltgegenden halten müsse, um die Gruben in einer verlangten Richtung fortzutreiben. Man zeichnet ebenfalls Pläne, welche alle die Windungen und Gänge darstellen, die man unter der Erde ausgehöhlt hat, wobei man sich einzig nach dem Kompaß richtet; dieses ist der Gegenstand einer eigenen Wissenschaft, die man die Markscheidekunst nennt.

Um nun auf unsern Kompaß, oder die Magnetnadel zurückzukommen, so bemerkte ich gleich Anfangs, daß sie sich ungefähr von Süd nach Nord richte; in der That ist es auch nur ein Mißbrauch, wenn man gewöhnlich sagt, der Magnet habe die Eigenschaft, sich nach Norden zu richten. Ich habe bei mehreren von mir gemachten Magnetnadeln immer gefunden, daß dieselben hier zu Berlin von der wahren Mittagslinie um ungefähr 15 Grade abwichen; allein eine Abweichung von 15° ist schon sehr beträchtlich.

Fig. 59.

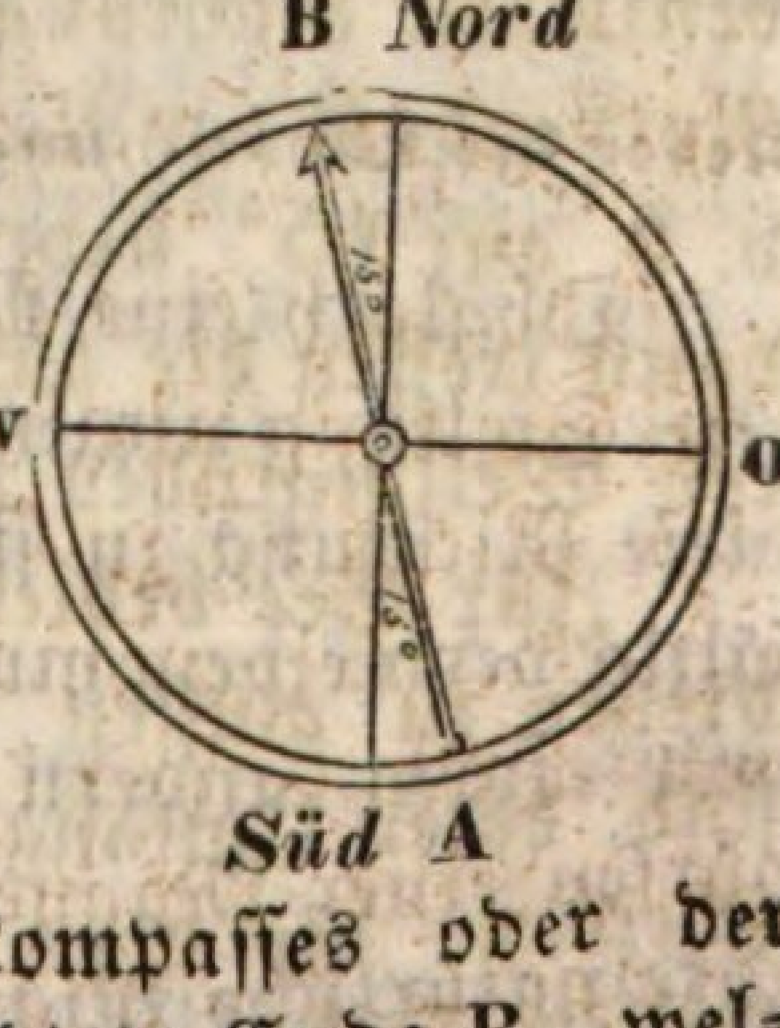


Fig. 59 zeigt erstlich die wahre Mittagslinie, gezogen von Süd nach Nord; sodann die darauf senkrechte Linie, welche rechts mit Ost, links mit West bezeichnet ist. Allein die Magnetnadel AB ist nicht nach der Mittagslinie gestellt, sondern sie weicht davon um den Winkel Bo Nord von 15° ab; man nennt diesen Winkel die Abweichung — Deklination — und mitunter auch die Variation des Kompasses oder der Magnetnadel; und weil das nach Norden gerichtete Ende B, wel-

ches man immer das Nordende nennt, gegen Westen abweicht, so sagt man, die Abweichung sey 15° westlich.

Hat man daher einmal die Abweichung der Magnetnadel bestimmt, so kann man sich ihrer so sicher bedienen, als wenn sie gerade nach Norden weisen würde. Man umgibt die Magnetnadel gewöhnlich mit einem Kreise, und hat dann nur auf demselben Nord in der gehörigen Entfernung vom Nordende B der Nadel anzuzeichnen, damit diese um 15° westlich abweiche, und die Linie Nord-Süd gibt die wahre Mittagslinie an, mit den vier Hauptweltgenden, Nord, Ost, Süd, West.

Um das Geheimniß besser zu verstecken, verbirgt man die Nadel in eine runde Scheibe von Pappe, wie die Figur zeigt, nur daß dann die Nadel nicht mehr sichtbar ist; die Nadel macht dann mit der Pappe nur einen Körper aus, den man in der Mitte auf einen Stift setzt, so daß die Scheibe mit der Nadel sich frei drehen kann; die Scheibe nimmt dann immer eine solche Stellung an, daß der mit Nord bezeichnete Punkt sich genau nach Norden richtet, während das Nordende der Nadel, das man nicht sieht, in der That um 15° westlich davon abweicht. Diese Einrichtung dient nur dazu, um die Abweichung, welche die gewöhnlichen Leute als einen Fehler ansehen, zu verstecken, während dieselbe doch vielmehr eine unserer Bewunderung sehr würdige Erscheinung ist, wie wir später sehen werden; die Scheibe macht übrigens die Nadel schwerer und hindert sie daher, sich ebenso frei zu drehen, als wenn sie leichter wäre.

Um dieses zu vermeiden und sich des Kompasses sicherer zu bedienen, setzt man die Nadel in eine runde Büchse, deren Umfang in 360 Grade getheilt ist und außerdem die Namen der hauptsächlichsten Weltgegenden trägt. In dem Mittelpunkte befindet sich der Stift oder die Spitze, welche die Nadel trägt; da nun letztere eine bestimmte Richtung annimmt, so dreht man die Büchse, bis das Nordende B der Nadel dem richtigen Punkte des Umfangs entspricht, d. h. auf 15° steht, wenn man von Nord nach West zählt, und dann treffen die auf dem Umkreise bemerkten Namen mit den wahren Weltgegenden zusammen.

Zur See bedient man sich aber dennoch, um die Büchse nicht drehen zu müssen, solcher Nadeln, die in Pappscheiben eingefügt sind, deren Umfang in 360 Grade getheilt ist. Da nun diese Pappscheiben, die man den Kompaß nennt, die wahren Weltgegenden weisen, so hat man nur den Lauf des Schiffes damit zu vergleichen, um zu wissen, nach welcher Richtung es sich bewegt, ob nach Nord,

Süd, Ost, West, oder irgend einer mittleren Richtung. Nach dem Kompaß beurtheilt man auch die Winde, oder die Gegend, woher sie wehen; denn danach werden sie benannt. Indessen muß man die Deklination oder Variation der Magnetnadel sehr sicher kennen; wir haben dieselbe dahier wohl zu 15° westlich gefunden, allein sie kann an andern Orten eine andere seyn, wie ich in der Folge die Ehre haben werde zu zeigen. Den 10. October 1761.

Neununddreißigster Brief.

Ueber die Veränderungen, denen die Magnetnadel an demselben Orte unterworfen ist.

Wenn ich sagte, daß die Abweichung der Magnetnadel 15° westlich betrage, so gilt dieses nur für Berlin und den gegenwärtigen Zeitpunkt; denn man hat gefunden, daß die Abweichung nicht nur für verschiedene Orte verschieden ist, sondern daß sie sich auch an demselben Orte mit der Zeit ändert.

So ist die magnetische Abweichung für Berlin jetzt viel größer als ehemals; ich erinnere mich noch sehr wohl, daß sie nur 10° betrug und im vorigen Jahrhundert gab es einen Zeitpunkt, wo dieselbe Null war, so daß damals die Richtung der Magnetnadel vollkommen mit der Mittagslinie übereinstimmte. Es war dieses ungefähr um das Jahr 1670, und seit der Zeit wurde die Abweichung nach und nach immer mehr westlich bis zu 15°, wie sie gegenwärtig ist. Allein es scheint, sie werde von jetzt an wieder abnehmen, bis sie ein zweitesmal Null wird. Es ist dieses jedoch nur eine Vermuthung, und wir sind noch sehr weit davon entfernt, hierüber etwas Gewisses vorausbestimmen zu können.

Uebrigens wissen wir gewiß, daß vor 1670 die Abweichung entgegengesetzt oder östlich war, und zwar um so stärker östlich, je weiter wir über diesen Zeitpunkt hinaus zurückgehen. Allein wir können natürlich nicht weiter als bis zur Erfindung der Magnetnadel zurückgehen, welche in das vierzehnte Jahrhundert fällt; und hier zu Berlin hat man selbst viel später erst, als nachdem die Erfindung bekannt war, angefangen, die Abweichung zu beobachten, weil man früher gar nicht bemerkt hatte, daß die Magnetnadel nicht mit der Mittagslinie übereinstimme.

Zu London aber, wo man auf diese Sache aufmerksamer war, fand man die Abweichung der Magnetnadel im Jahre 1580 zu

11° 15′ östlich, im Jahre 1622 zu 6° 0′ und im Jahre 1634 zu 4° 5′ östlich. Im Jahre 1657 zeigte sich keine Abweichung, aber 1672 war sie 2° 30′ westlich, 1692 6° westlich und gegenwärtig kann sie wohl 18° oder noch mehr westlich seyn. Ew. H. ersehen daraus, daß sie zu Anfang des siebzehnten Jahrhunderts ungefähr 8° östlich war, daß sie von da an abnahm bis 1657, wo sie unmerklich wurde, und daß sie von da an westlich wurde, und seit dieser Zeit immer gegen Westen hin zunahm bis auf unsere Tage.

Zu Paris befolgte die Abweichung beinahe denselben Gang, allein sie wurde Null im Jahre 1666, also 9 Jahre später als zu London; Ew. H. lernen daraus, wie seltsam die Verschiedenheiten der Abweichung sind, sowohl in Beziehung auf verschiedene Orte für dieselbe Zeit, als in Beziehung auf verschiedene Zeitpunkte für denselben Ort.

Gegenwärtig ist die Abweichung nicht nur in ganz Europa, sondern auch in ganz Afrika und dem größten Theile von Asien westlich, allein an einigen Orten mehr, an andern weniger, als bei uns. Es gibt in Europa Gegenden, wo sie größer ist als bei uns, nämlich in Schottland und Norwegen, wo sie wohl über 20° betragen mag; in Spanien, Italien und Griechenland ist sie im Gegentheile kleiner, und ungefähr 12°; an der westlichen Küste von Afrika ist sie ungefähr 10°, an der östlichen 12°. Geht man aber durch Asien weiter vorwärts nach Osten, so nimmt die Abweichung allmählig ab, und verschwindet sogar in der Mitte von Sibirien zu Jeniseisk, sie verschwindet ebenfalls zu Pekin in China und ebenso in Japan; allein über diese Orte hinaus, weiter nach Osten, wird sie östlich, und wächst nach dieser Seite fort durch den nördlichen Theil des stillen Meeres bis an die westliche Küste von Amerika, von wo an sie wieder abnimmt, bis sie in Canada, Florida, den Antillen und weiterhin gegen die Küste von Brasilien ein zweites Mal Null wird. Oestlich von diesen Gegenden, d. h. gegen Afrika und Europa hin, wird sie wieder westlich, wie ich schon bemerkt habe.

Um jedoch eine vollständige Kenntniß vom gegenwärtigen Zustande der magnetischen Abweichung zu haben, müßte man die Größe, sowie die Richtung derselben für alle Punkte der Erde, sowohl des Meeres als des Festlandes angeben können. Dieses wäre allerdings sehr schätzenswerth, allein man darf hierauf nicht hoffen; es müßten nämlich hiezu gegenwärtig überall geübte Männer sich befinden, welche die magnetische Abweichung, jeder an seinem Orte, beobachteten und ihre Beobachtungen uns genau mittheilten. Aber

wir müßten doch sicher mehrere Jahre warten, bis die entferntesten dieser Beobachtungen uns zukämen, und wir würden daher immer erst nach Verlauf mehrerer Jahre zu der gewünschten Kenntniß gelangen. Obgleich nun in zwei oder drei Jahren die Abweichung der Magnetnadel sich nicht beträchtlich ändert, so würde doch diese, wenn auch noch so kleine Aenderung verhindern, daß wir durch die Kenntniß all der an verschiedenen Orten gemachten Beobachtungen eine vollständige Uebersicht des gegenwärtigen Zustandes der verschiedenen Abweichungen der Magnetnadel erlangen.

Ebenso ist es mit frühern Zeitpunkten, und jedem Jahre entspricht ein gewisser Zustand der magnetischen Abweichung, welcher ihm eigenthümlich ist und es von allen andern zukünftigen und vergangenen Zeitpunkten unterscheidet. Indessen wäre sehr zu wünschen, wir besäßen eine solche ins Einzelne gehende Uebersicht auch nur für ein einziges Jahr, denn wir würden daraus sehr wichtige Aufklärungen schöpfen können.

Der verstorbene Halley, ein sehr berühmter englischer Astronom, hat es versucht, gestützt auf eine große Anzahl von Beobachtungen zur See und zu Land, uns eine solche Uebersicht der magnetischen Abweichung für das Jahr 1700 zu geben; allein abgesehen davon, daß sehr bedeutende Erdstriche, wo keine solche Beobachtungen gemacht waren, ausgelassen sind, so sind auch die meisten der gebrauchten Beobachtungen schon mehrere Jahre vor 1700 gemacht worden, so daß bis dahin die Abweichung ansehnliche Veränderungen erleiden konnte. Es folgt daraus, daß diese Uebersicht, welche auf einer Weltkarte dargestellt ist, als sehr mangelhaft angesehen werden muß; wozu könnte uns übrigens jetzt die Kenntniß des Zustandes der magnetischen Abweichung für 1700 nützen, die seither sich so beträchtlich verändert hat?

Andere englische Geographen haben uns wohl seither eine ähnliche Karte gegeben, welche die Abweichung für 1744 enthalten sollte. Allein abgesehen davon, daß diese Karte an denselben Fehlern leidet, wie die von Halley, und daß ihnen die Beobachtungen für viele Gegenden noch fehlten, so nahmen sie auch keinen Anstand, diese leeren Räume durch Benützung der Halley'schen Karte, die doch gewiß für 1744 nicht mehr gelten konnte, zu ergänzen. Ew. H. ersehen hieraus, daß unsere Kenntnisse über diesen wichtigen Abschnitt der Naturlehre noch äußerst unvollkommen sind.

Den 13. October 1761.

Vierzigster Brief.

Ueber die Abweichungskarte und die Art, wie sie zur Bestimmung der Länge dienen könnte.

Es wird gut seyn, wenn ich auch das Verfahren erkläre, welches Halley anwandte, um in der für 1700 entworfenen Karte die magnetischen Abweichungen darzustellen, damit Ew. H. die Einrichtung derselben verstehen, wenn Ihnen eine solche zu Gesicht kommt.

Zuerst bemerkte er neben jeden Ort die Abweichung der Magnetnadel, wie sie beobachtet worden war; unter allen diesen Orten suchte er jene aus, welche gar keine Abweichung hatten und fand dabei, daß dieselben in einer gewissen Linie liegen, welche er die Linie ohne Abweichung nannte, weil damals die Abweichung überall unter dieser Linie Null war. Diese Linie war weder ein Meridian, noch ein Parallelkreis, sondern sie durchschnitt in sehr schief liegenden Krümmungen das nördliche Amerika und trat nahe bei der Küste von Carolina aus demselben heraus; von da an krümmte sie sich durch das atlantische Meer zwischen Afrika und Amerika. Außer dieser entdeckte er noch eine andere Linie, auf welcher die Abweichung ebenfalls Null war; diese erstreckte sich mitten durch China, und zog von da an durch die Philippinischen Inseln und Neuholland. Aus der Richtung dieser beiden Linien kann man wohl beurtheilen, daß dieselben nahe bei den Polen eine Verbindung mit einander haben müssen.

Nachdem Halley diese zwei Linien ohne Abweichung bestimmt hatte, bemerkte er, daß überall in der Richtung von Ost nach West, d. h. durch ganz Europa, Afrika und beinahe ganz Asien zwischen der ersten und zweiten derselben die Abweichung westlich war, dagegen war sie auf der andern Seite derselben, d. h. im ganzen stillen Ocean, östlich. Als er so diese beiden als Hauptlinien festgesetzt hatte, untersuchte er alle Orte, an welchen die Abweichung 5° westlich war und fand, daß er auch durch diese Orte leicht eine Linie ziehen könne, die er die Linie von 5° westlich nannte; er fand aber zwei Linien der Art, von welchen die eine gleichsam die erstere Linie ohne Abweichung, die andere die letztere begleitete. Ebenso verfuhr er mit den Orten, wo die Abweichung 10°, 15°, 20° u. s. w. westlich war, und fand, daß die Linien von so großen Abweichungen gegen die Pole hin eingeschränkt waren, während jene von kleinen Abweichungen beinahe über die ganze Erde wegliefen und den Aequator durchschnitten.

In der That wird die Abweichung unter dem Aequator kaum 15°, sowohl östlich als westlich, überschreiten können; allein gegen die Pole hin kann man Orte treffen, wo die Abweichung selbst 58° und 60° übersteigt; ohne Zweifel gibt es Orte, wo sie auch noch größer ist und selbst 90° übersteigt, so daß dann der Nordpol der Nadel sich gegen Süden wendet.

Zuletzt hatte Halley, nachdem er auch noch ähnliche Linien durch die Orte gezogen hatte, an welchen die Abweichung 5°, 10°, 15° u. s. f. östlich war, die ganze Erdkarte mit solchen Linien erfüllt, auf deren jeder die Abweichung überall dieselbe war, wenn die Beobachtungen nicht fehlten. Halley war übrigens gewissenhaft genug, um diese Linien nicht über die Punkte, von welchen er Beobachtungen hatte, hinaus zu erstrecken; dieses ist auch der Grund, warum auf dem größten Theile seiner Karte sich keine solchen Linien befinden.

In dem Falle nun, daß man eine richtige und vollständige Karte der Art besäße, könnte man auf ihr durch einen einzigen Blick erkennen, welche Abweichung an jedem Orte zu der Zeit stattfand, für welche die Karte entworfen ist; denn, wenn sich auch der fragliche Ort nicht gerade unter einer der ausgezogenen Linien befände, so würde man doch durch Vergleichung der zwei Linien, zwischen denen er liegt, leicht die ihm zukommende mittlere Abweichung schätzen. Befände ich mich z. B. zwischen den zwei Linien von 10° und 15° östlicher Abweichung, so wäre ich sicher, daß die Abweichung an meinem Orte größer als 10° und kleiner als 15° sey, und ich würde, je nachdem ich der einen oder der andern Linie näher wäre, leicht das richtige Verhältniß finden, welches mir die wirkliche Abweichung angäbe.

Ew. H. erkennen nun hieraus ohne Schwierigkeit, daß eine richtige Karte der Art uns zur Bestimmung der Länge dienen könnte, wenigstens für die Zeit, für welche sie entworfen wurde. Setzen wir nun, um das Verfahren dabei besser zu erläutern, den Fall, wir hätten eine solche für dieses Jahr gezeichnete Karte, auf der wir zuerst die zwei Linien bemerkten, welche durch die Orte gezogen sind, wo die Abweichung Null ist; sodann zwei Linien, wo die Abweichung 5°, 10°, 15°, 20° ist, sowohl östlich als westlich; nehmen wir ferner zu größerer Genauigkeit an, daß diese Linien von Grad zu Grad ausgezogen seyen, und ich mich irgendwo auf dem Meere oder in einem unbekannten Lande befände, so würde ich zuerst eine Mittagslinie ziehen, um zu sehen, um wieviel mein Kom-

paß davon abweicht, und ich fände z. B. die Abweichung genau 10° östlich; nun würde ich meine Karte nehmen und darauf die zwei Linien suchen, unter welchen die Abweichung 10° östlich beträgt, so wäre ich gewiß, daß ich mich auf der einen derselben befände, was mir schon bedeutende Aufklärung über meine Lage gäbe. Nachher würde ich die Polhöhe beobachten, und hätte nun, da diese der Breite meines Ortes gleich ist, nur noch auf den gedachten beiden Linien die Punkte zu bemerken, deren Breite dieselbe ist, wie die so eben beobachtete. Meine Ungewißheit wäre nun auf zwei sehr weit von einander entfernte Punkte zurückgeführt, *und die* übrigen Umstände meiner Reise würden sehr leicht entscheiden, *auf* welchem von beiden ich mich wirklich befände.

Ew. H. werden zugeben, daß dieses Verfahren fast das bequemste unter allen wäre, welche ich zu erklären die Ehre hatte, wenn wir nur solche Karten hätten, wie ich sie so eben voraussetzte. Allein gerade das fehlt uns, und sowie wir aus Mangel an hinlänglichen Beobachtungen noch lange nicht einmal im Stande sind, eine solche Karte für einen vergangenen Zeitpunkt zu entwerfen, welche uns für den gegenwärtigen doch gänzlich unnütz wäre, so kennen wir noch viel weniger all die Veränderungen in der Abweichung, denen jeder Ort im Laufe der Zeit unterworfen ist. Die bis jetzt gemachten Beobachtungen zeigen, daß einige Orte sehr beträchtlichen Aenderungen unterworfen sind, während andere in dem gleichen Zeitraume beinahe keine Aenderung erlitten haben; dieses raubt uns fast alle Hoffnung, je von dieser Methode Gebrauch machen zu können, so vorzüglich sie auch an sich wäre.

Den 17. October 1761.

Einundvierzigster Brief.

Warum die Magnetnadeln auf jedem Punkte der Erde eine bestimmte Richtung annehmen, warum diese Richtung an verschiedenen Orten verschieden ist, und aus welchem Grunde sie sich an demselben Orte mit der Zeit ändert.

Ew. H. werden ohne Zweifel neugierig seyn, die Ursache zu erfahren, vermöge welcher die Magnetnadeln an jedem Orte der Erde eine bestimmte Richtung anzunehmen suchen, warum diese Richtung an verschiedenen Orten verschieden ist, und warum sie an demselben Orte sich mit der Zeit ändert. Ich werde mir die

Ehre geben, über diese Fragen Alles, was ich darüber weiß, mitzutheilen, obwohl es vielleicht bei Weitem nicht zureichen wird, um die Wißbegierde Ew. H. zu befriedigen.

Vorerst muß ich bemerken, daß die Magnetnadeln diese Eigenschaft mit allen Magneten gemein haben, und daß dieselben an den Nadeln nur durch ihre Form, welche sie fähig macht, auf einer Spitze im Gleichgewichte zu schweben und sich frei darauf zu drehen, bemerklicher wird. Jeder an einem Faden aufgehängte Magnet dreht sich nach einer gewissen Seite hin; ebenso nimmt ein kleines Schiffchen, auf welches man den Magnet bringt, um ihn auf Wasser schwimmen zu lassen, zugleich mit dem Magnete eine bestimmte Richtung an. Wie bei den Nadeln, welche zwei Enden haben, wovon das eine sich ungefähr nach Norden, das andere nach Süden wendet, bemerkt man auch dasselbe bei jedem Magnete, welcher ebenfalls zwei Stellen hat, von welchen die eine gegen Norden, die andere gegen Süden strebt, und zwar ungefähr mit denselben Veränderungen, wie bei den Nadeln.

Diese Punkte sind auch an jedem Magnete sehr bemerkbar, denn an ihnen zieht er das Eisen am stärksten an. Man nennt sie die Pole des Magnets, indem man diese Bezeichnung von den Polen der Erde oder des Himmels entlehnt, weil der eine gegen den Nordpol, der andere gegen den Südpol der Erde sich zu richten sucht; es ist dieses jedoch nur als eine ungefähre Bezeichnung zu verstehen, denn, als man diese Namen einführte, war die Abweichung noch nicht bekannt. Der eine dieser beiden Pole des Magnets, welcher sich nach Norden richtet, heißt sein Nordpol, der andere aber, welcher sich nach Süden richtet, sein Südpol.

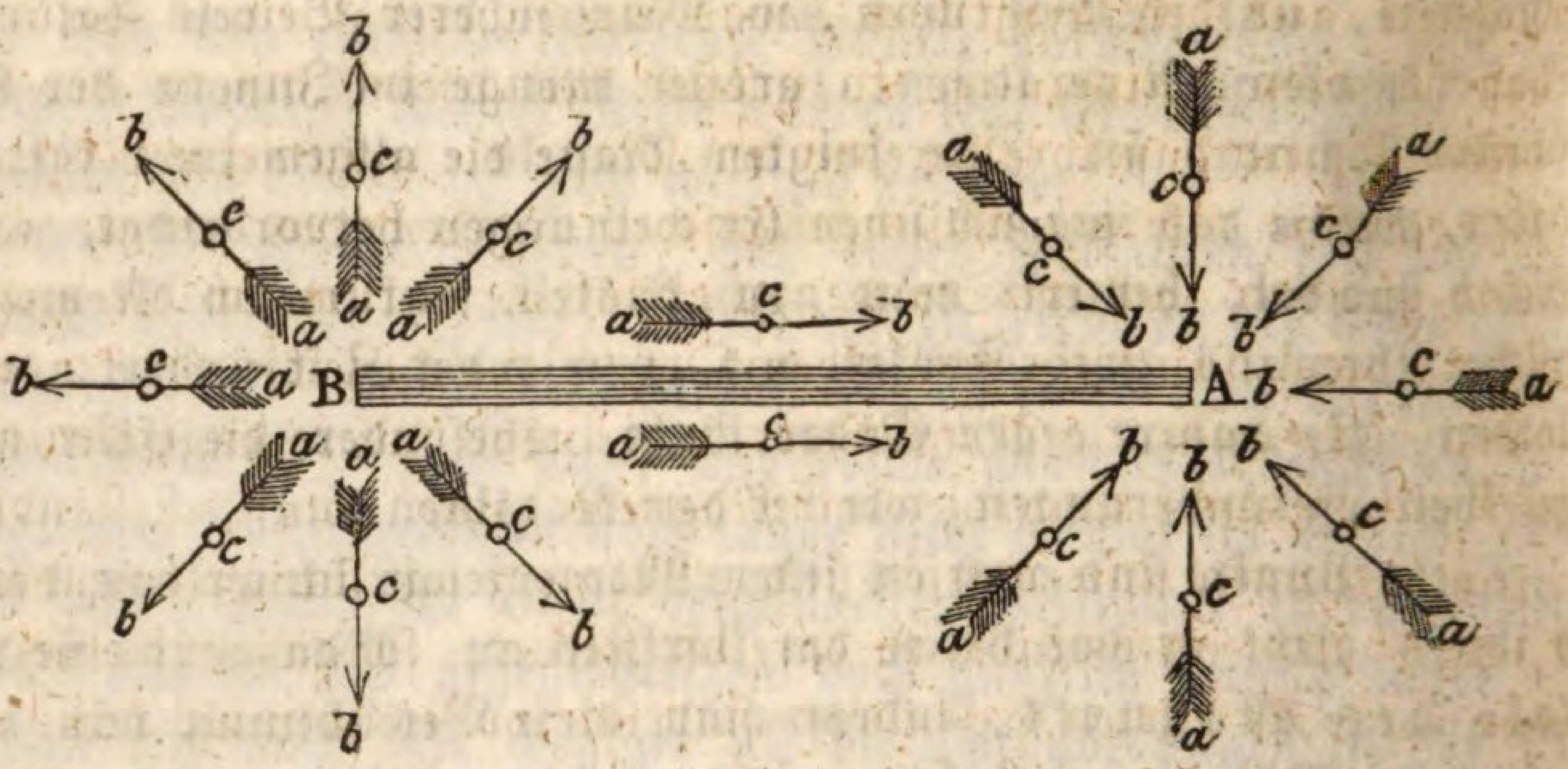
Ich habe schon bemerkt, daß eine Magnetnadel, so wie ein Magnet selbst, die bezeichnete Richtung, welche ihre natürliche zu seyn scheint, nur dann annehme, wenn sich kein anderer Magnet und kein Eisen in der Nähe befindet. Befindet sich aber eine Magnetnadel in der Nähe eines Magnets, so richtet sie ihre Stellung nach den Polen von diesem, so daß der Nordpol des Magnets den Südpol der Nadel, und umgekehrt der Südpol des Magnets den Nordpol der Nadel anzieht; bezieht man daher zwei Magnete auf einander, so nennt man aus diesem Grunde die ungleichnamigen Pole auch die freundschaftlichen und die gleichnamigen die feindlichen Pole. Diese Eigenschaft wird besonders auffallend, wenn man zwei Magnete einander nähert, denn dann sieht man nicht nur, daß die ungleichnamigen Pole sich wechselseitig anziehen,

d. h. der Nordpol des einen den Südpol des andern, sondern auch, daß die gleichnamigen einander fliehen, oder einander abstoßen. Man sieht dieses noch deutlicher, wenn man zwei Magnetnadeln einander nähert.

Für unsern Zweck ist es besonders wichtig, die Stellung genauer zu berücksichtigen, welche eine Magnetnadel in der Nähe eines Magnets annimmt.

In Fig. 60 stellt der Stab AB einen Magnet vor, dessen Nord-

Fig. 60.



pol in B, dessen Südpol in A sich befindet. Ew. H. sehen mehrere Stellungen der Magnetnadel, die ich durch einen Pfeil vorstelle, dessen Ende b der Nordpol, a aber der Südpol ist. In allen diesen Stellungen nähert sich das Ende b der Nadel dem Pole A des Magnets, und das Ende a dem Pole B. Der Punkt c bezeichnet den Stift, um welchen sich die Nadel dreht, und Ew. H. dürfen nur die Figur genau betrachten, um zu beurtheilen, welche Stellung die Magnetnadel annehmen wird, auf was immer für einen Punkt der Stift c um den Magnet herum befestigt werden mag.

Wenn sich daher irgendwo ein sehr großer Magnet befände, so würden um ihn herum gestellte Magnetnadeln eine für jeden Ort bestimmte Richtung annehmen, wie wir es in der That um die Erde herum beobachten; oder wenn die Erde selbst dieser Magnet wäre, so ließe es sich nun begreifen, warum die Magnetnadeln überall eine bestimmte Richtung annehmen. Die Naturforscher behaupten auch, um diese Erscheinung zu erklären, daß die ganze Erde die Eigenschaft eines Magnets habe, oder daß wir sie als einen sehr großen Magnet ansehen müssen. Einige unter ihnen behaupten, daß sich gegen den Mittelpunkt der Erde hin ein sehr

großer Magnet befinde, welcher seinen Einfluß auf alle Magnetnadeln, und selbst auf alle Magnete an der Oberfläche der Erde ausübe, und daß es diese Kraft sey, welche sie überall in die Richtungen bringe, die wir beobachten.

Allein wir haben nicht nöthig, einen solchen in den Eingeweiden der Erde verborgenen Magnet zu Hilfe zu nehmen; ihre Oberfläche ist so allseitig mit Lagern von Eisen und Magneten erfüllt, daß ihre vereinigte Kraft wohl den Mangel dieses angenommenen großen Magnets ersetzen kann. In der That erhalten wir alle Magnete aus den Erzgruben, was ein sicherer Beweis dafür ist, daß sich diese Mineralien in großer Menge im Innern der Erde befinden, und daß ihre vereinigten Kräfte die allgemeine Kraft liefern, welche alle magnetischen Erscheinungen hervorbringt. Hierdurch sind wir auch im Stande, zu erklären, warum sich die magnetische Abweichung für denselben Ort mit der Zeit ändert; wenn man weiß, daß alle Metalllager und insbesondere die Eisenlager, zu welchen man auch die der Magnete zählen muß, beständigen Veränderungen unterworfen sind. Bald erzeugt sich an einem Orte Eisen, bald verschwindet es daselbst wieder, so daß wir einerseits heutzutage an Orten Eisenlager finden, wo es ehemals keine gab, und anderseits gegenwärtig an Orten kein Eisen mehr gefunden wird, wo dasselbe früher im Ueberfluß vorhanden war. Es beweist dieses zur Genüge, daß die Gesammtmasse der in der Erde eingeschlossenen Magnete sehr beträchtlichen Aenderungen unterworfen ist, wodurch ohne Zweifel die Pole, nach welchen sich die magnetische Abweichung richtet, mit der Zeit ihre Stellung ändern.

Hierin muß also die Ursache davon gesucht werden, daß die magnetische Abweichung an demselben Orte der Erde so beträchtlichen Aenderungen unterworfen ist. Allein derselbe Grund, nämlich die Unbeständigkeit dessen, was im Innern der Erde vorgeht, läßt uns auch nicht hoffen, daß wir je die magnetische Abweichung werden vorausbestimmen können; man müßte denn im Stande seyn, diese Veränderungen der Erde auf ein bestimmtes Gesetz zurückzuführen. Eine lange Reihe von Beobachtungen, fortgesetzt durch mehrere Jahrhunderte, dürfte uns vielleicht hierüber Aufklärung geben.

Den 20. October 1761.

Zweiundvierzigster Brief.

Weitere Erläuterungen über die Ursachen und die Verschiedenheit in der Abweichung der Magnetnadeln.

Jene, welche behaupten, daß die Erde in ihrem Innern einen großen Magnet, wie einen Kern, einschließe, müssen zugleich, um die magnetische Abweichung erklären zu können, annehmen, daß dieser Kern nach und nach seine Stellung ändere. Es setzt dieses voraus, daß dieser Kern in allen seinen Theilen von der Erde losgelöst sey, und da seine Bewegung ohne Zweifel einem gewissen Gesetze unterworfen wäre, so könnten wir hoffen, dieses Gesetz, nach welchem die magnetische Abweichung sich mit der Zeit ändert, künftig aufzufinden. Allein ob es wirklich in der Erde einen solchen Kern gibt, oder ob die in ihrem Innern zerstreuten Magnete nur durch ihre vereinte Kraft die magnetischen Erscheinungen hervorbringen: immer kann man die Erde als einen Magnet ansehen, nach welchem sich alle einzelnen Magnete und alle Magnetnadeln richten.

Einige Naturforscher schloßen einen sehr starken Magnet in eine Kugel ein, und setzten auf deren Oberfläche eine Magnetnadel; sie beobachteten dabei, wenn sie dem Magnete in der Kugel verschiedene Stellungen gegeben hatten, Erscheinungen, ganz ähnlich denen, welche man auf der Erde wahrnimmt. Betrachtet man nun die Erde als einen Magnet, so wird sie ihre magnetischen Pole haben müssen, die man übrigens wohl von ihren natürlichen Polen, um welche ihre Umdrehung stattfindet, unterscheiden muß. Diese verschiedenen Pole haben nichts als den Namen mit einander gemein; allein durch die Lage, welche die magnetischen Pole gegen die natürlichen einnehmen, entstehen die scheinbaren Unregelmäßigkeiten in der magnetischen Abweichung und insbesondere jener auf der Oberfläche der Erde ziehbaren Linien, von welchen ich Ew. H. bereits zu berichten die Ehre hatte.

Um dieses besser zu erläutern, will ich darauf aufmerksam machen, daß wir keine Abweichung der Magnetnadel haben würden, wenn die magnetischen Pole der Erde genau mit ihren natürlichen zusammenfielen; überall wären dann die Magnetnadeln genau von Süd nach Nord gerichtet, und ihre Stellung würde vollkommen mit der Mittagslinie zusammenfallen. Dieses wäre ganz gewiß für die Schifffahrt von großem Vortheile, weil man dann genau den Lauf des Schiffes und die Richtung der Winde kennen würde,

während man gegenwärtig immer erst die Abweichung des Kompasses suchen muß, bevor man die wahre Richtung der Weltgegenden bestimmen kann. Allein dann würde auch der Kompaß kein Hilfsmittel zur Bestimmung der Länge abgeben, wozu doch die Abweichung mit der Zeit dienen könnte.

Man kann hieraus ersehen, daß, wenn die magnetischen Pole der Erde bedeutend von ihren natürlichen Polen verschieden wären und sich einander gerade gegenüberständen, was der Fall wäre, wenn die magnetische Are der Erde (d. i. die gerade durch beide magnetischen Pole gezogene Linie) auch durch den Mittelpunkt der Erde gienge: daß dann die Magnetnadeln sich überall nach den magnetischen Polen der Erde richten müßten. Es wäre dann sehr leicht, für jeden Ort die magnetische Richtung anzugeben; man hätte nämlich nur durch jeden Ort einen Kreis zu ziehen, der zugleich durch beide magnetischen Pole gienge, und der Winkel, den dieser Kreis mit dem Meridian des Ortes machte, gäbe die magnetische Abweichung.

In diesem Falle wären die beiden durch die magnetischen Pole gezogenen Meridiane zugleich jene beiden Linien, auf welchen die Abweichung Null ist. Weil wir aber gesehen haben, daß die beiden Linien ohne Abweichung keine Meridiane sind, sondern einen sehr unregelmäßigen Verlauf haben, so erfolgt hieraus, daß der erwähnte Fall auf der Erde nicht stattfindet. Halley erkannte diese Folgerung wohl, und glaubte deßwegen, zwei Magnete im Innern der Erde annehmen zu müssen, wovon der eine fest, der andere beweglich wäre; in Folge dessen nahm er auch vier magnetische Pole an, wovon sich zwei nicht weit vom Nordpole, und die zwei andern nicht weit vom Südpole, jedoch in ungleichen Entfernungen, befänden. Dieser Schluß scheint mir aber etwas gewagt; denn daraus, daß die Linien ohne Abweichung keine Meridiane sind, folgt noch nicht, daß die Erde vier magnetische Pole haben müsse; sondern vielmehr, daß es deren nur zwei gebe, daß aber diese beiden einander nicht gerade gegenüberstehen, oder, was auf dasselbe hinauskommt, daß die magnetische Are nicht durch den Mittelpunkt der Erde geht.

Es bleibt daher noch übrig, den Fall näher zu betrachten, wo die magnetischen Pole einander nicht gerade gegenüberstehen und die magnetische Are nicht durch den Mittelpunkt der Erde geht; denn welche Nothwendigkeit ist in der That vorhanden, daß, wenn wir auch die Hypothese eines magnetischen Kernes der Erde anneh-

men, seine beiden Pole einander gerade gegenüberstehen müssen? Es könnte ja wohl seyn, daß dieser Kern sich nicht genau in der Mitte der Erde, sondern in einiger Entfernung vom Mittelpunkte befände. Sobald aber die magnetischen Pole einander nicht diametral gegenüberstehen, nehmen die Linien ohne Abweichung eine Richtung an, welche jener ganz ähnlich ist, die man aus den Beobachtungen ableitete; ja es ist sogar möglich, für die beiden magnetischen Pole solche Stellen auf der Erde aufzufinden, daß nicht nur die Linien ohne Abweichung vollkommen mit den beobachteten zusammenfallen, sondern daß man auch für alle Grade der östlichen und westlichen Abweichung Linien findet, ganz ähnlich jenen, die uns anfänglich so seltsam vorkamen.

Um also den Zustand der magnetischen Abweichung kennen zu lernen, hat man nur die Lage der magnetischen Pole zu bestimmen, und dann ist es eine Aufgabe der Geometrie, den Zug all der Linien anzugeben, von welchen ich in meinem letzten Briefe gesprochen habe, und welche durch alle die Orte gehen, denen dieselbe Abweichung zukommt. Durch dieses Mittel würde man auch noch im Stande seyn, jene Linien zu verbessern und jene Gegenden der Erde damit zu versehen, wo uns die Beobachtungen mangeln. Wenn man dann noch für alle künftigen Zeiten die Lage der beiden magnetischen Pole der Erde bestimmen könnte, so wäre dieses die schönste Auflösung der Aufgabe der geographischen Länge.

Man ist also keineswegs genöthigt, in der Erde einen doppelten Magnet, oder vier magnetische Pole anzunehmen, um die Erscheinungen der magnetischen Abweichung zu erklären, wie der große Halley glaubte; sondern ein einzelner Magnet, oder zwei magnetische Pole, reichen hiezu vollkommen hin, wenn man nur einem jeden derselben seine richtige Stellung anweist. Ich glaube, daß wir durch diese Betrachtung in der Kenntniß des Magnetismus einen sehr bedeutenden Fortschritt gemacht haben.

Den 24. October 1761.

Dreiundvierzigster Brief.

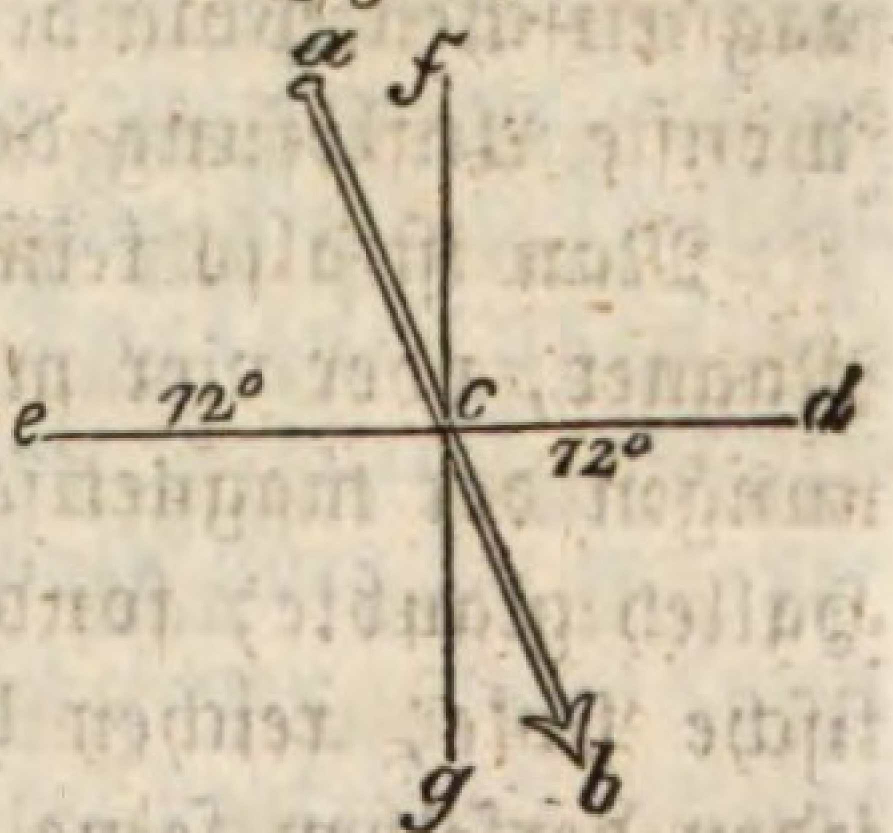
Ueber die Neigung der Magnetnadel.

Geruhen Ew. H. sich zu erinnern, daß Eine Nadel, wenn sie mit einem Magnete berührt oder gerieben wird, nicht nur die Eigenschaft erhält, sich nach einem bestimmten Punkte des Horizonts

zu richten, sondern daß sich auch ihr Nordpol senkt, gerade als wenn er schwerer geworden wäre; wir werden dadurch genöthigt, Etwas vom Nordpole wegzunehmen, oder auf der andern Seite zuzulegen, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Ich habe, jedoch ohne Letzteres zu thun, mehrere Versuche in der Absicht gemacht, um mich zu versichern, wie weit der Nordpol der Magnetnadel durch die magnetische Kraft herabgetrieben wird; ich fand, daß dieses so weit geschah, bis die Nadel einen Winkel von 72 Graden mit dem Horizont machte, und daß sie dann in dieser Stellung zur Ruhe kam. Es muß jedoch bemerkt werden, daß ich diese Versuche vor etwa sechs Jahren hier zu Berlin gemacht habe, denn ich werde in der Folge zeigen, daß diese Neigung gegen den Horizont ebenso veränderlich ist, wie die magnetische Abweichung.

Wir ersehen daraus, daß die magnetische Kraft einen doppelten Einfluß auf die Nadel übt. Vermöge des einen, wovon ich bereits ausführlich gesprochen habe, richtet sich die Nadel gegen einen bestimmten Punkt des Horizonts, und die Entfernung dieser Richtung von der Mittagslinie heißt die magnetische Abweichung. Allein der andere Einfluß gibt der Nadel eine bestimmte Neigung gegen den Horizont, indem er bewirkt, daß sich der eine oder der andere Pol bis zu einem gewissen Winkel unter den Horizont senkt.

Fig. 61.



Es sey ed (Fig 61) eine in der Richtung der Magnetnadel horizontal gezogene Linie, und die Nadel wird hier zu Berlin die Richtung ab annehmen, welche mit dem Horizonte ed den Winkel dcb oder eca von 72, und folglich mit der Vertikalen fg einen Winkel bcg oder acf von 18 Graden macht. Diese zweite Wirkung der magnetischen Kraft, vermöge welcher die Magnetnadeln eine gewisse Neigung gegen den Horizont annehmen, ist ebenso merkwürdig, als die erste, und sowie diese die magnetische Abweichung (Deklination) heißt, so ist die letztere unter dem Namen der magnetischen Neigung (Inklination) bekannt. Sie verdiente auch allenthalben ebenso mit der möglichsten Sorgfalt beobachtet zu werden, wie die Abweichung, weil ihre Verschiedenheit ebenso groß ist.

Während die Neigung zu Berlin zu 72° gefunden wurde, war sie aber zu Basel nur 70°, indem der Nordpol der Nadel um diesen Winkel sich senkte und der Südpol sich folglich um ebensoviel erhob.

So verhält es sich in unsern dem magnetischen Nordpole der Erde näher liegenden Gegenden, und je mehr man sich diesem Pole nähert, desto größer wird die Neigung der Nadel, oder desto mehr nähert sie sich der lothrechten Linie, so daß dieselbe, wenn wir an diesen Pol selbst gelangen könnten, daselbst wirklich eine lothrechte Stellung annehmen würde, mit dem Nordpole nach Unten und dem Südpole nach Oben gekehrt. Je mehr man sich hingegen von dem magnetischen Nordpole der Erde entfernt und sich dem Südpole nähert, desto kleiner wird die Neigung; sie verschwindet zuletzt ganz, und die Nadel nimmt wieder eine horizontale Stellung an, wenn man von beiden Polen gleich weit entfernt ist. Nähert man sich aber noch mehr dem Südpole der Erde, so wird sich der Südpol der Nadel immer mehr unter den Horizont neigen, der Nordpol hingegen sich über denselben erheben, bis am magnetischen Südpole der Erde selbst die Nadel abermals lothrecht stünde, den Südpol nach Unten und den Nordpol nach Oben.

Es wäre wohl zu wünschen, daß man überall ebenso sorgfältige Versuche machte, um die magnetische Neigung zu bestimmen, wie jene sind, welche man für die Abweichung macht; allein bis jetzt hat man diesen wichtigen Theil der Experimentalphysik zu sehr vernachläßigt, obwohl er nicht weniger wichtig und wissenswerth ist, als die Abweichung. Man darf sich aber darüber nicht wundern; diese Untersuchung ist nämlich zu vielen Schwierigkeiten unterworfen, und fast alle Methoden, die man bis jetzt für die genaue Bestimmung der magnetischen Neigung erdachte, waren erfolglos; nur einem einzigen Künstler, einem Basler, Namens Diterich, ist es gelungen, nach den Ansichten des berühmten Daniel Bernoulli eine für diesen Zweck brauchbare Vorrichtung auszuführen. Er überschickte mir zwei solche Maschinen, mit welchen ich eben hier die Neigung von 72° beobachtete; und so begierig die Engländer und Franzosen sonst auch auf solche Entdeckungen sind, so machten sie sich dennoch aus Diterich's Maschine nicht viel, obgleich sie die einzige für diesen Zweck brauchbare ist. Es ist dieses ein großes Beispiel dafür, wie sehr Vorurtheile im Stande sind, die Fortschritte der Wissenschaft zu hemmen. Man kann darum behaupten, daß Basel und Berlin bis jetzt noch die einzigen Orte sind, für welche man die magnetische Neigung kennt.

Die Kompaßnadeln sind durchaus unbrauchbar, uns die magnetische Neigung anzugeben, obgleich sie im Allgemeinen ihre Wirkung zeigen, indem der Nordpol bei uns schwerer wird; um näm-

lich diese für die Messung der Abweichung bestimmten Nadeln gehörig gebrauchen zu können, müssen wir im Gegentheile den Einfluß der Neigung aufzuheben suchen, indem wir entweder den Nordpol leichter oder den Südpol schwerer machen. Meistens wählt man das Letztere, um die Nadel wieder in die horizontale Stellung zu bringen, und klebt ein wenig Wachs an den Südpol derselben. Ew. H. begreifen übrigens leicht, daß dieses Mittel nur für unsere Gegenden, für eine gewisse Größe der Neigung hilft, und daß, wenn man mit einer solchen Nadel gegen den magnetischen Nordpol der Erde reisen würde, auch die neigende Kraft zunähme, so daß man noch mehr Wachs an den Südpol der Nadel kleben müßte, um ihre Wirkung wieder aufzuheben. Würden wir aber nach Süden reisen, und uns dem andern Pole der Erde nähern, wo die den Nordpol der Nadel neigende Kraft geringer wird, so müßte man das Wachs vermindern und es zuletzt ganz wegnehmen, weil es Nichts nützen würde, wenn man an Orte kommt, wo die Neigung der Nadel verschwindet. Allein wenn man sich über diese Gränze hinaus noch mehr dem Südpole nähert, so wird der Südpol der Nadel nach Unten getrieben, so daß man, um dieses zu hindern, Wachs an den Nordpol derselben bringen muß. Man bedient sich auch auf großen Reisen in der That dieses Mittels, um den Kompaß in horizontaler Lage zu erhalten. Allein um die magnetische Neigung zu beobachten, müßte man eigens dazu angefertigte Instrumente haben, und selbst wirklich solche, wie sie der Basler Künstler erfand; man nennt ein solches Instrument ein Inclinatorium [1], allein es scheint nicht, daß man sobald davon Gebrauch machen werde. Noch weniger ist zu hoffen, daß man bald über die magnetische Neigung Karten anfertigen werde, ähnlich jenen, auf welchen die Abweichung dargestellt ist. Man könnte dabei begreiflich dieselbe Methode befolgen und durch alle Orte Linien ziehen, wo die magnetische Neigung dieselbe ist; so daß man darauf Linien ohne Neigung hätte, dann, sowohl gegen Nord als gegen Süd, Linien, wo die Neigung 5°, 10°, 15°, 20° u. s. w. ist. Den 27. October 1761.

[1] Heutzutage Neigungskompaß.

Vierundvierzigster Brief.

Ueber die Dioptrik; von den Instrumenten, welche sie uns zur Schärfung des Sehvermögens liefert; von den Teleskopen und Mikroskopen. Von den verschiedenen Formen der Linsengläser [1].

Ich glaube, daß die Wunder der Dioptrik ein der Aufmerksamkeit Ew. H. würdiger Gegenstand seyn werden. Die Dioptrik liefert uns zweierlei aus Gläsern zusammengesetzte Instrumente, welche unser Sehvermögen schärfen und wodurch wir Gegenstände zu erkennen vermögen, welche dem nackten Auge entgehen würden.

Es gibt zwei Fälle, wo unser Auge der Unterstützung bedarf: der erste Fall ist jener, wo die Gegenstände zu weit von uns entfernt sind, als daß wir sie deutlich sehen könnten; solche Gegenstände sind die Himmelskörper, an welchen man mit Hilfe dieser Instrumente die wichtigsten Entdeckungen gemacht hat. Ew. H. erinnern sich z. B. sehr wohl dessen, was ich Ihnen über die Jupiterstrabanten mitzutheilen die Ehre hatte, die uns zur Bestimmung der Länge verhelfen: sie sind nur mit Hilfe guter Fernröhren sichtbar, und die Trabanten des Saturn erfordern deren noch bessere.

Ebenso verhält es sich mit sehr entfernten irdischen Gegenständen, die man nur mittelst der Fernröhren, welche dieselben so zeigen, wie wenn sie uns nahe wären, sehen und genau untersuchen kann. Die Fernröhren, oder die dioptischen Instrumente, welche man gebraucht, um sehr entfernte Gegenstände zu betrachten, werden auch Teleskope und Beobachtungsfernröhren genannt.

Der andere Fall, in welchem unser Sehvermögen einer Unterstützung bedarf, ist der, wo die Gegenstände uns zwar nahe genug, aber doch zu klein sind, als daß man ihre einzelnen Theile unterscheiden könnte. Wollte man z. B. die einzelnen Theile des Beines einer Fliege oder eines anderen noch kleineren Insekts betrachten: handelte es sich um die Untersuchung der kleinsten Theile unseres eigenen Körpers, wie etwa der zartesten Fasern unserer Muskeln und Nerven, so könnte man nichts ausrichten ohne gewisse Instrumente, welche Mikroskope heißen, und uns kleine Gegenstände ebenso zeigen, als wären sie hundert- und selbst tausendmal größer.

Teleskope und Mikroskope sind also die beiden Arten von Instrumenten, womit die Dioptrik die Schwäche unseres Sehvermögens ersetzt. Diese Instrumente sind erst seit einigen Jahrhunderten er-

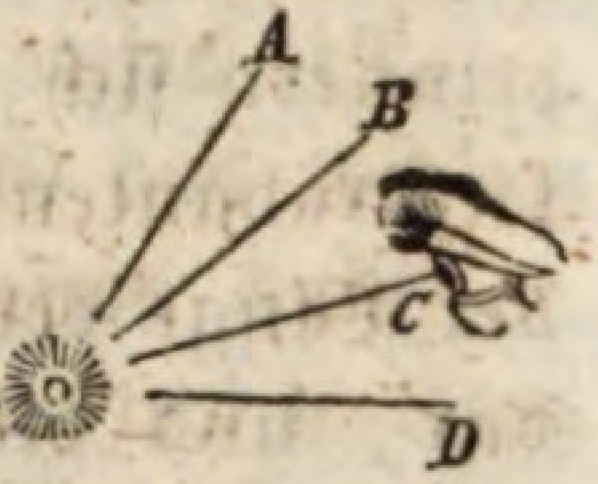
[1] Siehe die Briefe von 39—44 des ersten Theils.

funden, und erst seit dieser Zeit machte man die wichtigsten Entdeckungen sowohl in der Astronomie durch die Teleskope und Fernröhren, als in der Naturlehre durch die Mikroskope.

Alle diese wunderbaren Wirkungen werden einzig hervorgebracht durch eine gewisse Gestalt, welche man Glasstücken gibt, und durch eine glückliche Verbindung zweier oder mehrerer solcher Gläser; man nennt sie Linsen. Die Dioptrik ist die Wissenschaft, welche die Gesetze hierüber enthält, und sie handelt, wie sich Ew. H. noch erinnern werden, vorzugsweise von dem Wege, welchen Lichtstrahlen nehmen, wenn sie durch verschiedenartige durchsichtige Mittel hindurchgehen, wenn sie z. B. aus der Luft in Glas oder Wasser, oder umgekehrt aus Glas oder Wasser in Luft übergehen.

Solange nämlich Lichtstrahlen sich in demselben Mittel fortpflanzen, wie in der Luft, so nehmen sie ihren Weg nach den geraden Linien LA, LB, LC, LD (Fig. 62), welche von dem leuchtenden Punkte L aus, von dem sie ausgehen, gezogen sind; treffen sie nun irgendwo, wie in C, ein Auge an, so dringen sie in dasselbe hinein, und machen in demselben ein Bild des Gegenstandes, von welchem sie ausgiengen. In diesem Falle heißt das Sehen einfach oder natürlich, und es stellt uns die Gegenstände so vor, wie sie wirklich sind. Die Wissenschaft, welche uns die Gesetze dieses Sehens erläutert, heißt Optik.

Fig. 62.



Werden aber die Lichtstrahlen, bevor sie in unser Auge treten, von wohlpolirten Flächen, wie z. B. von einem Spiegel zurückgeworfen, so ist das Sehen kein natürliches mehr, weil wir dann die Gegenstände anders und an einem andern Orte erblicken, als sie wirklich sind. Die Wissenschaft von den Gründen dieses Sehens, welches durch zurückgeworfene Strahlen entsteht, heißt Katoptrik. Auch sie liefert uns Werkzeuge zur Verstärkung unseres Sehvermögens, und die verschiedenen Instrumente, welche mittels eines oder zweier Spiegel uns dasselbe leisten, wie die aus Gläsern zusammengesetzten Fernröhren, sind Ew. H. bekannt. Diese mit Spiegeln versehenen Instrumente nennt man vorzugsweise Teleskope; allein es wäre besser, wenn man dieselben, um sie von den gewöhnlichen aus Gläsern zusammengesetzten Fernröhren zu unterscheiden, katoptrische, oder reflectirende oder Reflexions-Teleskope nennen würde. Es wäre dieses wenigstens sprachrichtiger; denn der Name Teleskop war im Gebrauche, noch bevor man Spiegelinstrumente erfunden hatte, und bezeichnete damals dasselbe was Fernrohr.

Für jetzt nehme ich mir nur vor, Ew. H. von den dioptrischen Instrumenten zu unterhalten, wovon es, wie ich schon die Ehre hatte zu bemerken, zwei Arten gibt, nämlich die Teleskope oder Fernröhren und die Mikroskope. Man gebraucht zu beiden verschieden geformte Gläser, von welchen ich nun die verschiedenen Arten erläutern werde. Es gibt deren, je nach der Form der Oberfläche, drei Hauptarten.

Die erste Form ist die ebene, die plane, wenn nämlich die Oberfläche eines Glases eben ist, wie die eines gewöhnlichen Spiegels. Nimmt man z. B. ein Stück eines Spiegels und entfernt von dessen Rückseite das Quecksilber, so hat man ein Glas, dessen beide Oberflächen eben sind, und das überall die gleiche Dicke hat.

Die zweite Form, welche man der Oberfläche eines Glases geben kann, ist die erhabene, die convexe; dann ist das Glas in der Mitte erhabener, als am Rande.

Die dritte Form endlich ist die vertiefte, die concave, bei welcher das Glas in der Mitte vertiefter ist, als am Rande.

Aus diesen drei Formen, welche der Oberfläche eines Glases gegeben werden können, entstehen folgende sechs Arten von Gläsern:

I. Das Planglas, dessen beide Oberflächen eben sind.

II. Das Planconvexglas, es hat eine Fläche eben, die andere erhaben.

III. Das Planconcavglas, eine Seite ist eben, die andere vertieft.

IV. Das Convexconvexglas ist jenes, welches beide Oberflächen erhaben hat.

V. Das Convexconcavglas hat eine erhabene und eine vertiefte Oberfläche.

VI. Das Concavconcavglas endlich hat beide Oberflächen vertieft.

Fig. 63.

Fig. 63 stellt unter ebenso vielen Nummern die Durchschnitte dieser Gläser oder Linsen dar.

Den 8. December 1761.

Fünfundvierzigster Brief.

Ueber den Unterschied der Linsen in Bezug auf die Krümmung ihrer convexen und concaven Flächen. Eintheilung der Linsen in drei Klassen.

Aus dem, was ich so eben über die erhabenen und vertieften Flächen der Linsen gesagt habe, werden Ew. H. leicht einsehen, daß es deren unendlich vielerlei geben könne, weil sowohl ihre Erhabenheit, als ihre Vertieftheit mehr oder weniger groß seyn kann. Was die ebenen Flächen betrifft, so gibt es deren freilich nur einerlei, weil eine Fläche nur auf eine Art eben seyn kann; aber eine erhabene Fläche kann als Theil einer Kugel angesehen werden, und die Erhabenheit wird verschieden seyn, je nachdem der Halbmesser dieser Kugel mehr oder weniger groß ist; oder es wird, da wir auf dem Papiere die Gläser durch Kreisbogen darstellen, je nachdem diese Kreise mehr oder weniger groß sind, hiernach unendlich vielerlei Gläser geben, sowohl nach der Erhabenheit als der Vertieftheit ihrer Oberflächen.

Was das Verfahren betrifft, wonach solche Gläser ihre Form und Politur erhalten, so wendet man dabei alle mögliche Sorgfalt an, um ihre Gestalt genau kreis- oder kugelförmig herzustellen; man bedient sich hiezu metallener Schalen, welche auf der Drehbank sowohl außen als innen über einer Kugelfläche geformt werden.

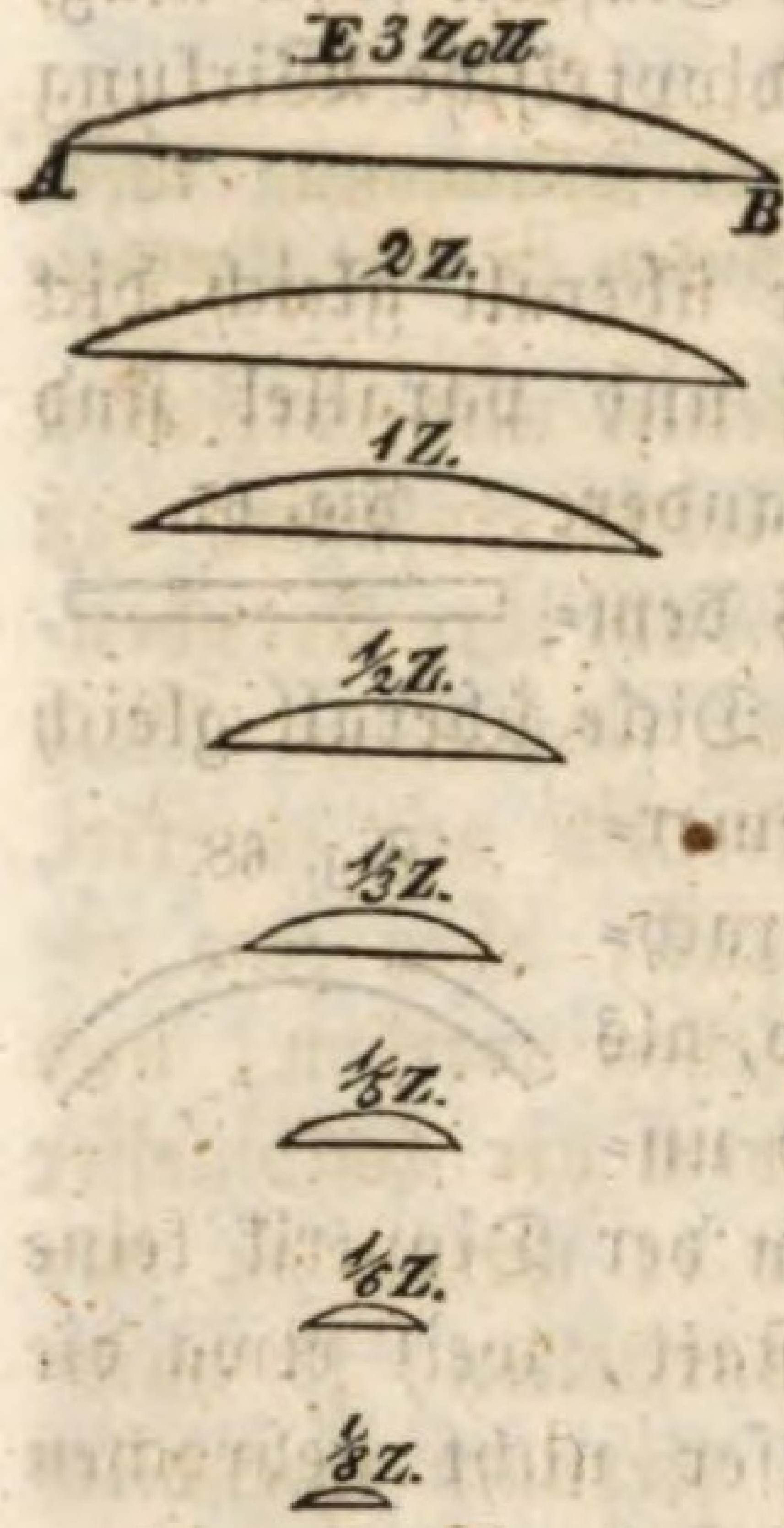
Fig. 64.

Es sey AEBDFC (Fig. 64) der Durchschnitt einer solchen Schale, von deren beiden Seiten AEB und CFD jede ihren besonderen Halbmesser haben kann; reibt man nun ein Stück Glas auf der hohlen Seite AEB dieser Schale, so wird dasselbe convex werden; reibt man es aber auf der erhabenen Seite CFD, so wird es concav. Zuerst reibt man das Glas mit Sand an der Schale, bis es die Form erhalten hat; später nimmt man für die letzte Politur eine feine Erde.

Um die Figur der Oberflächen einer Linse richtig zu erkennen, braucht man nur den Halbmesser der Schale zu messen, auf der sie geformt wurde, denn der Halbmesser des Kreises, oder der Kugel, die einem Glase entspricht, und von der es einen Theil bildet, ist das eigentliche Maaß sowohl der Erhabenheit, als der Höhlung desselben.

Wenn ich daher sage, der Halbmesser der convexen Fläche AEB (Fig. 65) betrage drei Zoll, so heißt das, AEB sey ein mit einem

Fig. 65.

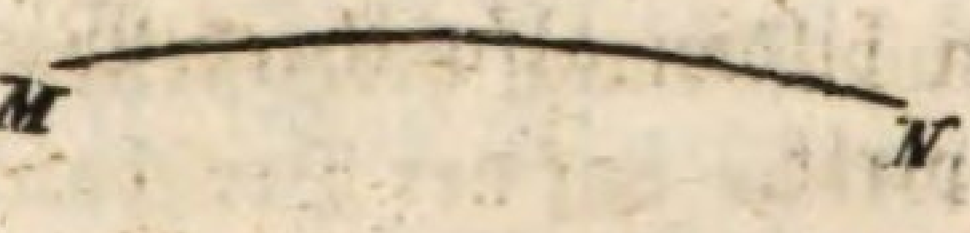


Halbmesser von drei Zoll beschriebener Kreisbogen, indem die andere Seite AB hier eben ist.

Um den Unterschied der Convexitäten, wenn ihre Halbmesser mehr oder weniger groß sind, Ew. H. noch besser vor Augen zu führen, habe ich hier mehrere Figuren von verschiedener Convexität beigefügt, nämlich von zwei Zoll, einem Zoll, einem halben Zoll, einem Drittels-, Fünftels-, Sechtels- und Achtelszoll (Fig. 65).

Man ersieht hieraus, daß die Oberfläche um so gekrümmter und von der Ebene abweichender ist, je kleiner der Halbmesser wird, und umgekehrt, je größer der Halbmesser, desto mehr nähert sich die Oberfläche der Ebene, und der Kreisbogen der geraden Linie. Würde ich den Halbmesser noch größer machen, so würde man die Krümmung zuletzt kaum noch bemerken. So bemerkt man dieselbe nur noch schwach an dem Bogen MN (Fig. 66), dessen Halbmesser 6 Zoll, oder einen halben Fuß beträgt; und wenn der Halbmesser zehn- oder hundertmal so groß wäre, so würde die Krümmung für das Auge unmerklich seyn.

Fig. 66.



Dieses ist indessen in der Dioptrik nicht der Fall; und ich werde in der Folge die Ehre haben, Ew. H. zu zeigen, daß, wenn auch der Halbmesser hundert oder tausend Fuß betrüge, und wir die Krümmung nicht mehr bemerken könnten, die Wirkung derselben dennoch sehr merklich bleiben würde. In der That müßte auch der Halbmesser unendlich größer seyn, wenn die Fläche vollkommen eben werden sollte; woraus Ew. H. schließen können, daß man eine ebene Fläche als eine convexe ansehen könne, deren Halbmesser unendlich groß ist, oder ebenso als eine concave, deren Halbmesser unendlich groß ist. In diesem Falle verlieren sich also die convexe und die concave Fläche ineinander, so daß die ebene Fläche als das Mittel erscheint, welches beide von einander unterscheidet.

Je kleiner aber die Halbmesser sind, desto merklicher und größer werden die Convexitäten und Concavitäten, und daher sagt man auch, daß dieselben um so größer seyen, je kleiner die Halbmesser sind, wodurch sie gemessen werden.

So groß übrigens auch die Verschiedenheit je nach den Oberflächen, welche plan, convex oder concav, und dieses auf unendlich

verschiedene Weise seyn können, bei Linsen oder Gläsern seyn mag, so lassen sich dieselben doch in Bezug auf ihre dioptrische Wirkung in folgende drei Hauptklassen bringen.

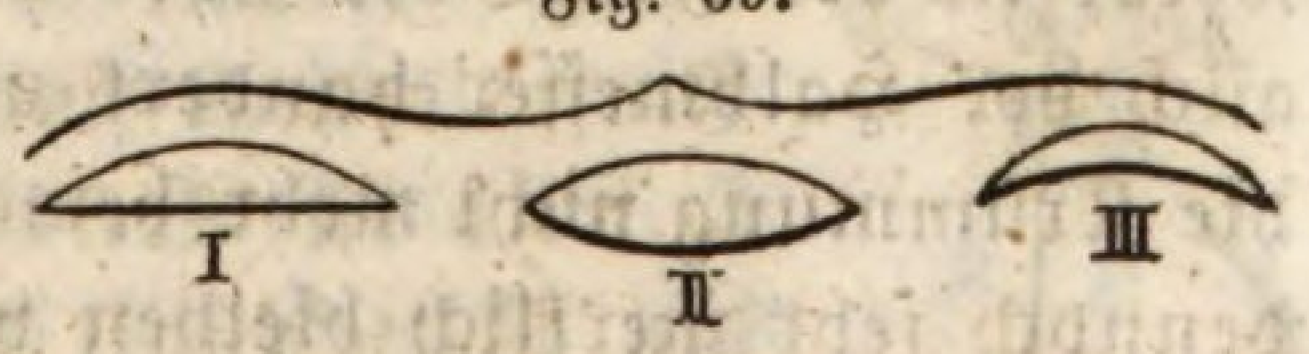
Die erste Klasse umfaßt die Gläser, welche überall gleich dick sind; sey es, daß ihre beiden Flächen plan und parallel sind (Fig. 67), oder daß die eine convex und die andere concav, aber mit jener concentrisch, d. h. aus demselben Mittelpunkte beschrieben ist, so daß die Dicke überall gleich bleibt (Fig. 68). Von diesen Gläsern ist zu bemerken, daß sie an der Erscheinung der durch sie betrachteten Gegenstände nichts ändern. Es ist gerade so, als wäre gar Nichts zwischen den Gegenständen und unsern Augen; darum finden auch diese Gläser in der Dioptrik keine Anwendung. Es findet dieses nicht deßwegen statt, weil etwa die Lichtstrahlen bei ihrem Eintritt in diese Gläser nicht gebrochen würden, sondern weil die beim Eintritte stattfindende Brechung beim Austritte wieder vollkommen ausgeglichen wird, so daß die Strahlen, nachdem sie durch das Glas gegangen, wieder dieselbe Richtung haben, welche ihnen vor ihrem Eintritt in dasselbe zukam. Die Gläser der beiden andern Klassen bilden also ihrer Wirkung wegen den Hauptgegenstand der Dioptrik.

Fig. 67.

Fig. 68.

Die zweite Klasse enthält die Gläser, welche gegen die Mitte hin dicker sind als am Rande (Fig. 69), nämlich: I. die planconvexen; II. die convexconvexen oder biconvexen; III. die convexconcaven oder die Menisken.

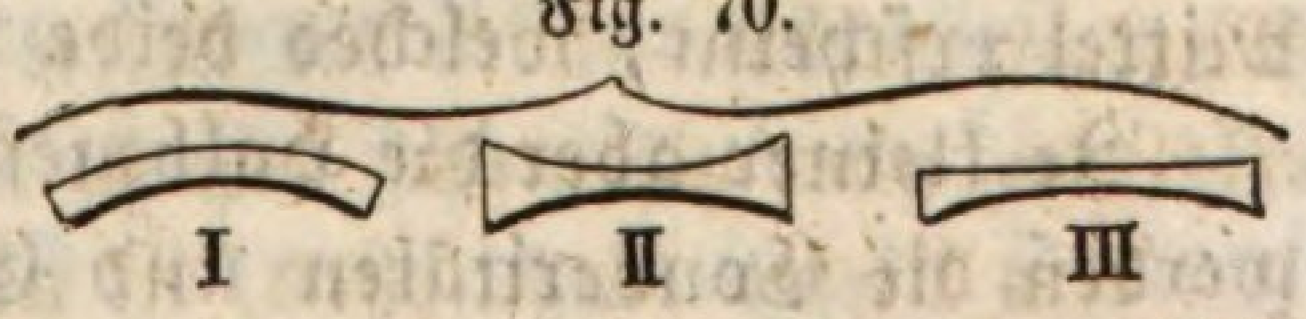
Fig. 69.



Ihre Wirkung ist dieselbe, so lange die Mitte im Verhältniß zur Breite des Glases um gleich viel dicker bleibt, als der Rand. Man nennt gewöhnlich alle Gläser dieser Klasse Convexgläser, weil die Convexität bei ihnen vorherrscht, obgleich übrigens die eine ihrer Flächen plan, oder selbst concav seyn kann.

Die dritte Klasse enthält die Gläser, welche am Rande dicker sind, als in der Mitte (Fig. 70), nämlich: I. die concavconvexen, oder Menisken; II. die concavconcaven oder biconcaven; III. die planconcaven; alle bringen ähnliche Wirkung hervor, und sie hängt von dem Ueberschusse der Dicke am Rand gegen jene in der Mitte ab. Da die Concavität bei allen Gläsern dieser Klasse vorherrscht, so nennt man sie geradezu

Fig. 70.



Concavgläser. Sie sind wohl von denen der zweiten Klasse, von den Convexgläsern, zu unterscheiden.

Ueber die Gläser der beiden letzten Klassen gedenke ich Ew. H. in meinen nächsten Briefen zu unterhalten, indem ich ihre dioptrische Wirkung auseinandersetze. Den 12. December 1761.

Sechsundvierzigster Brief.

Von der Wirkung der Convexgläser.

Um Ew. H. die Wirkung der Convex- und Concavgläser erklären zu können, muß ich zwei Fälle unterscheiden, nämlich den, wo der Gegenstand sehr weit von dem Glase entfernt ist, und jenen, wo sich derselbe näher an ihm befindet.

Bevor ich jedoch meine Erklärung beginne, muß ich ein Wort darüber sagen, was man unter der Axe eines solchen Glases versteht. Da die beiden Oberflächen durch Kreisbogen vorgestellt sind, so hat man nur durch die Mittelpunkte dieser beiden Kreise eine gerade Linie zu ziehen, und diese heißt die Axe des Glases. Wenn in Fig. 71 der Mittelpunkt des Bogens AEB in C und jener des Bogens AFB in D ist, so heißt also die Gerade CD die Axe des Glases AB, und man ersieht leicht, daß diese Axe durch die Mitte des Glases geht. Ebenso verhält es sich, wenn die beiden Flächen des Glases concav sind. Wenn aber eine Fläche eben ist, so wird die Axe auf dieser senkrecht seyn, und durch den Mittelpunkt der andern Fläche gehen.

Fig. 71.

Man ersieht hieraus, daß die Axe beide Flächen des Glases senkrecht trifft, und darum wird ein Lichtstrahl, welcher in der Richtung der Axe ankommt, nicht gebrochen werden, weil Lichtstrahlen, welche von einem Mittel in ein anderes übergehen, nur dann gebrochen werden, wenn sie nicht senkrecht eintreten.

Man kann ebenfalls nachweisen, daß auch alle andern Lichtstrahlen, welche durch die Mitte O des Glases gehen, keine Brechung erleiden, oder vielmehr, daß sie wieder mit sich selbst parallel werden.

Um dieses einzusehen, ist nur zu bedenken, daß an den Punkten E und F die beiden Flächen des Glases unter sich parallel sind; denn der Winkel MEB, welchen der Strahl ME mit dem Kreisbogen EB, oder seiner Tangente in E macht, ist offenbar gleich dem Winkel PFA, welchen die Verlängerung FP desselben Strahles

mit dem Kreisbogen AF, oder seiner Tangente in F macht. Ew. H. erinnern sich, daß diese Winkel Wechselwinkel heißen, und daß bewiesen ist, zwei gerade Linien seyen parallel, wenn die Wechselwinkel gleich sind; folglich sind die beiden Tangenten in E und F parallel, und es verhält sich gerade so, als gienge der Strahl MEFP durch ein Glas mit parallelen Flächen. Allein wir haben eben gesehen, daß Strahlen, die durch ein solches Glas gehen, ihre Richtung nicht ändern.

Fig. 72.

Nach diesen Bemerkungen wollen wir ein Converglas AB (Fig. 72) betrachten, dessen Axe die Gerade OEFP sey, und annehmen, daß in sehr großer Entfernung von dem Glase sich auf seiner Axe ein Gegenstand oder ein leuchtender Punkt O befinde, der seine Strahlen nach allen Seiten aussendet: unter diesen Strahlen werden nun auch einige, wie OM, OE und ON durch unser Glas AB gehen, von denen OE, welcher durch den Mittelpunkt geht, nicht gebrochen wird, sondern seinen Weg durch das Glas in der Richtung FJP fortsetzt. Die beiden andern Strahlen OM und ON aber, welche gegen den Rand hin durch das Glas gehen, werden sowohl beim Ein- als beim Austritte gebrochen werden, so daß sie an irgend einem Punkte J der Axe zusammentreffen und dann ihren Weg in den Richtungen JQ und JR fortsetzen. Man kann ferner beweisen, daß auch alle andern Strahlen, welche zwischen M und N fallen, so gebrochen werden, daß sie sich in demselben Punkte J der Axe vereinigen. Die Strahlen also, welche ohne die Einschaltung des Glases ihre geradlinigten Wege OM und ON verfolgt hätten, nehmen nach der Brechung ganz andere Richtungen an, und zwar so, als giengen sie von dem Punkte J aus; ein etwa in P befindliches Auge würde von ihnen gerade so getroffen werden, als wäre der leuchtende Punkt in der That in J, obgleich sich nichts Wirkliches daselbst befindet. Ew. H. dürfen sich für einen Augenblick nur vorstellen, es befinde sich in J ein wirklicher Gegenstand, der seine Strahlen nach allen Seiten aussendet, und er würde von einem Auge in P ebenso gesehen werden, wie dieses jetzt mittels der durch das Glas gebrochenen Lichtstrahlen den Gegenstand in O sieht. Deßwegen, weil nun in J ein Bild des Gegenstandes O sich befindet, und das Glas AB den Gegenstand O dort darstellt, oder ihn so zu sagen dorthin

versetzt, ist nicht mehr der Punkt O, sondern vielmehr sein in J dargestelltes Bild der eigentliche Gegenstand des Sehens. Dieses Glas bringt also die sehr wichtige Wirkung hervor, daß dadurch der sehr entfernte Gegenstand O plötzlich nach J versetzt wird, was natürlich auf das Auge einen ganz andern Eindruck machen wird, als wenn es nach Entfernung des Glases den wirklichen Gegenstand O unmittelbar sehen würde. Betrachten Ew. H. O als einen Stern, weil wir ja voraussetzen, der Punkt O sey außerordentlich weit entfernt, so gibt uns das Glas in J ein Bild dieses Sterns, aber ein Bild, das man nicht betasten kann, welches in der That *keine* Realität hat, weil nichts Wirkliches in J ist, außer daß die von O ausgegangenen Strahlen durch die Brechung des Glases in J vereinigt werden. Man muß sich auch nicht einbilden, daß uns der Stern dabei ebenso erscheine, als wäre der Gegenstand oder der Stern wirklich in J. In der That, wie könnte ein Körper, der mehrere tausend Mal größer ist, als die Erde, in J seyn? Alle unsere Sinne würden davon ganz anders erregt werden: man muß sich also wohl merken, daß in J nur ein Bild dargestellt wird, etwa ähnlich dem Bilde eines Sterns, welches in unserem Auge entsteht, oder dem, welches wir in einem Spiegel sehen, dessen Wirkung nichts Ueberraschendes hat. Den 15. December 1761.

Siebenundvierzigster Brief.

Ueber denselben Gegenstand und die Brennweite der Convexgläser.

In gegenwärtigem Briefe werde ich nun Ew. H. die Wirkung der Convexgläser, oder jener Gläser, welche in der Mitte dicker sind als am Rande, auseinandersetzen. In der That kommt hier Alles darauf an, daß die Abweichung, welche die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch ein solches Glas in Bezug auf ihre Richtung erleiden, bestimmt wird. Um diese Untersuchung vollkommen klar zu machen, muß man zwei Fälle unterscheiden: den, wo der Gegenstand sehr weit vom Glase weg ist, und jenen, wo derselbe ihm ziemlich nahe sich befindet. Ich betrachte daher zuerst den Fall, wo der Gegenstand außerordentlich weit von dem Glase entfernt ist.

In Fig. 73 ist MN das Convexglas, und die Gerade OABJS seine Axe, welche senkrecht durch die Mitte des Glases geht; bemerken wir im Vorbeigehen, daß diese Eigenschaft der Axe, senkrecht durch die Mitte des Glases zu gehen, uns von ihr die richtigste

Fig. 73.

Vorstellung gibt. Nehmen wir nun an, es befinde sich irgendwo auf der Axe, etwa in O, ein Gegenstand OP, den ich hier, welche Figur er übrigens haben möge, durch eine gerade Linie vorstelle. Obwohl jeder Punkt des Gegenstandes seine Strahlen nach allen Seiten aussendet, so handelt es sich hier doch nur um jene, welche auf das Glas fallen.

Vorerst beschränke ich meine Betrachtung auf jene Strahlen, welche von dem auf der Axe des Glases, in O, liegenden Punkte ausgehen. Die Figur zeigt uns drei dieser Strahlen OA, OM und ON, von welchen der erste OA, als durch die Mitte des Glases gehend, keine Veränderung in Bezug auf seinen Weg erleidet, sondern diesen, nachdem er durch das Glas gegangen, in seiner ersten Richtung BJS, d. i. nach der Axe des Glases fortsetzt. Allein die beiden andern OM und ON werden bei ihrem Ein- und Austritte gebrochen, wodurch sie von ihrer anfänglichen Richtung abgelenkt werden, so daß sie sich in irgend einem Punkte J wieder mit der Axe vereinigen, von wo aus sie dann ihre neuen Wege nach den geraden Linien MJQ und NJR fortsetzen; treffen sie in der Folge auf ein Auge, so bewirken sie in ihm dieselbe Erscheinung, als wäre der Punkt O wirklich in J, weil sie ja die Richtung so einhalten. Aus diesem Grunde sagt man, daß das Converglas den Gegenstand von O nach J versetze; allein man nennt den Punkt J, um ihn von dem Punkte O zu unterscheiden, das Bild von O, und diesen den Gegenstand (Object).

Dieser Punkt J ist sehr merkwürdig; er heißt auch, wenn der Gegenstand ungemein weit entfernt ist, der Brennpunkt des Glases; ich will Ew. H. den Grund hievon angeben. Wenn nämlich die Sonne der Gegenstand in O ist, so werden alle ihre Strahlen, welche auf das Glas fallen, an dem Orte J vereinigt; da dieselben nun sehr kräftig und mit der Fähigkeit zu erwärmen begabt sind, so ist es natürlich, daß die Vereinigung so vieler Strahlen in J eine sehr große Hitze erzeugen muß, welche im Stande ist, brennbare, daselbst befindliche Körper zu entzünden. Allein eine Stelle, wo so viele Wärme vereinigt ist, heißt ja Brennraum (Heerd), und der Grund dieses Namens in Bezug auf die Convergläser ist daher einleuchtend. Darum heißt auch ein solches Converglas ein Brennglas, dessen Wirkung ohne Zweifel Ew. H. bereits bekannt

ist; ich bemerke daher nur, daß diese Eigenschaft die Strahlen der Sonne in einem Punkte, den man ihren Brennpunkt nennt, zu vereinigen, allen Convergläsern zukommt. Sie vereinigen auch die Strahlen des Mondes, der Sterne, und überhaupt jedes weit entfernten Körpers in demselben Punkte; obwohl nun in diesen Fällen die Strahlen zu schwach sind, um einige Wärme zu erregen, so nennt man doch ihren Vereinigungspunkt den Brennpunkt. So ist also der Brennpunkt eines Glases nichts Anderes, als der Ort, wo sich das Bild sehr entfernter Gegenstände zeigt; wobei noch die Bedingung zu setzen ist, daß sich der Gegenstand auf der Axe des Glases befinde; denn wäre er außerhalb der Axe, so würde auch das Bild außerhalb derselben erscheinen. Ich werde in der Folge Gelegenheit haben, hievon zu reden.

Uebrigens wird es gut seyn, in Bezug auf den Brennpunkt noch folgende Bemerkungen beizufügen:

1) Da der Punkt O, oder der Gegenstand unendlich weit entfernt ist, so können die Strahlen OM, OA und ON als unter sich, und aus demselben Grunde als mit der Axe des Glases parallel angesehen werden.

2) Der Brennpunkt J ist demnach jener Punkt hinter dem Glase, wo die mit der Axe parallel auf das Glas fallenden Strahlen durch die Brechung vereinigt werden.

3) Der Brennpunkt eines Glases und der Ort, wo das Bild eines unendlich weit entfernten und auf der Axe des Glases befindlichen Gegenstandes erscheint, sind dasselbe.

4) Die Entfernung des Punktes J hinter dem Glase, oder die Entfernung BJ heißt die Brennweite des Glases.

5) Jedes Converglas hat seine ihm eigenthümliche Brennweite, das eine eine größere, das andere eine kleinere; man kann dieses leicht erkennen, wenn man das Glas der Sonne aussetzt und beobachtet, wo sich die Strahlen vereinigen.

6) Gläser, welche durch Bogen kleiner Kreise gebildet sind, haben ihren Brennpunkt sehr nahe hinter sich, wogegen jene, deren Flächen Bogen größerer Kreise sind, auch eine größere Brennweite haben.

7) Es ist wichtig, die Brennweite eines jeden Converglases zu kennen, dessen man sich in der Dioptrik bedient; wenn man nur die Brennweite desselben kennt, so ist man im Stande, die Wirkungen, die man von ihm sowohl für Fernröhren oder Teleskope, als für Mikroskope erwarten kann, zu beurtheilen.

8) Bedient man sich beiderseits gleich converer Gläser, d. h. solcher, deren beide Flächen demselben Kreise entsprechen, so gibt der Halbmesser dieses Kreises ungefähr die Brennweite an; um also ein Brennglas zu verfertigen, welches auf einen Fuß Entfernung zündet, so hat man nur seine beiden Flächen nach einem Kreise zu formen, dessen Halbmesser einen Fuß beträgt.

9) Ist aber ein Glas planconver, so ist seine Brennweite ungefähr dem Durchmesser des Kreises gleich, welcher der converen Seite entspricht.

Die Kenntniß dieser Sätze wird das, was wir noch weiter zu sagen haben, leicht verständlich machen. Den 19. December 1761.

Achtundvierzigster Brief.

Ueber die Entfernung des Bildes der Gegenstände.

Nachdem ich angegeben habe, daß das Bild eines unendlich weit entfernten Gegenstandes durch ein Converglas in seinem Brennpunkte selbst hervorgebracht wird, wenn nur der Gegenstand in der Axe des Glases sich befindet, so gehe ich nun zu näher befindlichen Gegenständen über, die sich aber ebenfalls auf der Axe des Glases befinden, und bemerke vorläufig, daß das Bild sich um so weiter von dem Glase entfernt, je näher der Gegenstand zu demselben rückt.

Fig. 74.

Setzen wir nun, F (Fig. 74) sey der Brennpunkt des Glases MN, so daß das Bild eines unendlich weit vor dem Glase, oder oberhalb der Figur, befindlichen Gegenstandes in F erscheine; wird nun der Gegenstand dem Glase genähert und nach und nach in P, Q, R angebracht, so wird das Bild in den Punkten p, q, r erscheinen, welche weiter vom Glase entfernt sind, als der Brennpunkt; oder, wenn AP die Entfernung des Gegenstandes ist, so wird Bp die Entfernung des Bildes seyn; ist AQ die Entfernung des Gegenstandes, so ist Bq jene des Bildes, und dem Abstand AR des Gegenstandes entspricht Br als Entfernung des Bildes.

Man hat eine Regel, nach der man für jeden Abstand des Gegenstandes vor dem Glase leicht die Entfernung des Bildes hinter demselben berechnen kann; allein ich mag Ew. H. nicht mit der trockenen Aus-

einandersetzung dieser Regel langweilen: es wird genügen, wenn ich angebe, daß die Entfernung des Bildes hinter dem Glase um so größer wird, je mehr man die Entfernung des Gegenstandes vor demselben verringert. Außerdem will ich das Gesagte hier noch an einem Converglase von 6 Zoll Brennweite erläutern, oder an einem solchen Glase, bei welchem das Bild genau 6 Zoll hinter dem Glase erscheint, wenn der Gegenstand sich unendlich weit vor demselben befindet; nähert man den Gegenstand dem Glase, so erscheint das Bild in Entfernungen, wie sie die folgende Tafel angibt:

Entfernung												
des Gegenstandes	unendlich weit,	42,	24,	18,	15,	12,	10,	9,	8,	7,	6,	
des Bildes	. .	6,	7,	8,	9,	10,	12,	15,	18,	24,	42,	unendlich weit.

Ist also der Gegenstand 42 Zoll entfernt, so fällt das Bild in 7 Zoll Entfernung, also um einen Zoll weiter weg, als der Brennpunkt. Steht aber der Gegenstand 24 Zoll vom Glase ab, so befindet sich das Bild in 8 Zoll Entfernung, also 2 Zoll über den Brennpunkt hinaus u. s. f.

Obgleich diese Zahlen nur für ein Glas von 6 Zoll Brennweite gelten, so kann man dennoch einige allgemeine Folgerungen daraus ziehen.

1) Ist die Entfernung des Gegenstandes unendlich groß, so fällt das Bild in den Brennpunkt selbst.

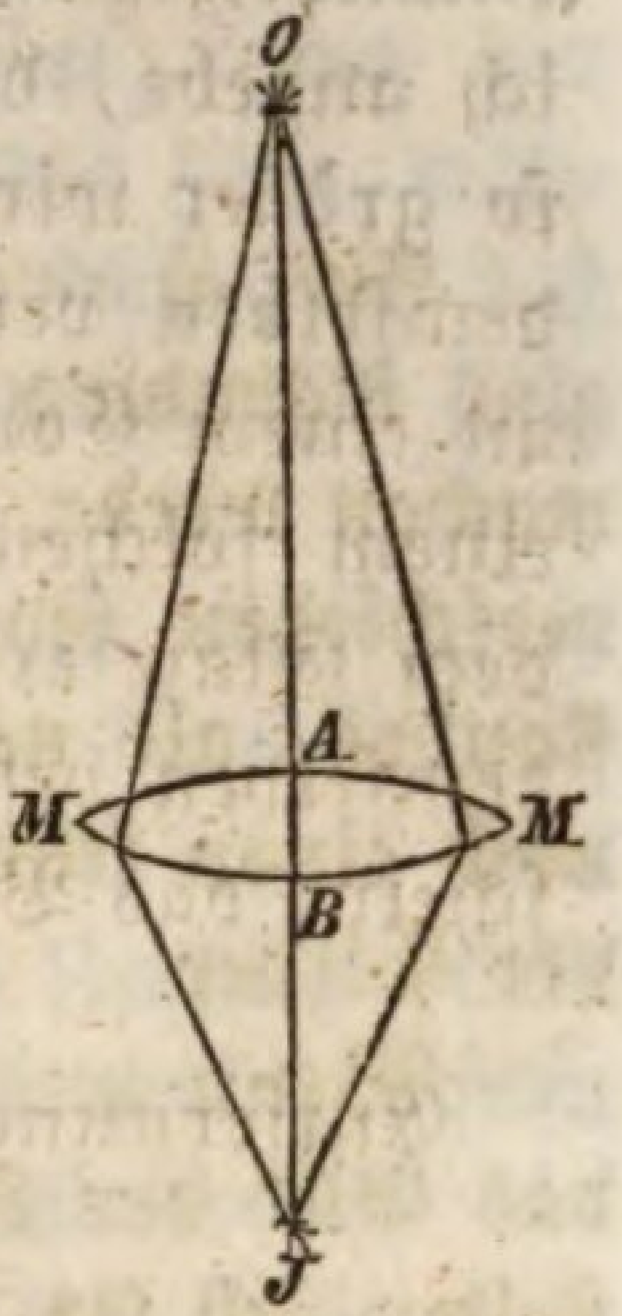
2) Wenn die Entfernung des Gegenstandes doppelt so groß ist, als die Brennweite, so ist auch die Entfernung des Bildes doppelt so groß, als die Brennweite, oder Bild und Gegenstand sind gleich weit entfernt. In dem angeführten Beispiele beträgt für einen Abstand des Gegenstandes von 12 Zoll auch die Entfernung des Bildes 12 Zoll.

3) Nähert man den Gegenstand dem Glase so, daß seine Entfernung genau der Brennweite gleich kommt (auf 6 Zoll in dem obigen Beispiele), so fällt das Bild unendlich weit hinter das Glas.

4) Man sieht überhaupt, daß die Entfernungen des Bildes und des Gegenstandes sich wechselseitig entsprechen, oder, wenn man den Gegenstand an die Stelle des Bildes setzt, so fällt nun das Bild auf die frühere Stelle des Gegenstandes.

5) Sammelt daher das Glas MN (nebenstehende Fig. 75) die von O ausgehenden Strahlen in J, so sammelt es auch umgekehrt die von J ausgehenden Strahlen in O.

Fig. 75.



6) In Folge eines Grundgesetzes der Dioptrik behauptet man, daß Lichtstrahlen, was immer für Brechungen sie beim Durchgange durch verschiedene brechende Mittel erlitten haben, doch immer wieder denselben Weg auch rückwärts verfolgen können.

Diese Wahrheit ist für die Kenntniß der Gläser sehr wichtig. Weiß ich nämlich nun z. B., daß irgend ein Glas in einer Entfernung von 8 Zoll das Bild eines 24 Zoll weit entfernten Gegenstandes gibt, so kann ich auch sicher schließen, daß dasselbe Glas das Bild eines 8 Zoll weit entfernten Gegenstandes in 24 Zoll Entfernung geben werde.

Es ist ebenfalls wichtig, zu bemerken, daß sich das Bild plötzlich unendlich weit entfernt, wenn die Entfernung des Gegenstandes der Brennweite gleich wird; allein dieses stimmt vollkommen mit der Beziehung überein, welche zwischen den Entfernungen des Bildes und des Gegenstandes stattfinden.

Ew. H. werden nun zu erfahren wünschen, wo das Bild erscheint, wenn man den Gegenstand noch mehr dem Glase nähert, so daß seine Entfernung kleiner wird als die Brennweite. Diese Frage setzt um so mehr in Verlegenheit, als man eigentlich darauf antworten müßte, daß dann die Entfernung des Bildes noch mehr als unendlich groß werde, da nämlich das Bild sich um so mehr entfernt, je näher der Gegenstand dem Glase rückt. Allein wie kann die Entfernung des Bildes noch größer werden, da sie schon unendlich groß ist? Diese Frage könnte die Philosophen ohne Zweifel in Verlegenheit setzen, allein in der Mathematik kann man hierauf leicht antworten. Das Bild geht von der unendlichen Entfernung auf die andere Seite des Glases über, also auf dieselbe Seite, wo sich das Object befindet, es erscheint also jenseits des Gegenstandes. So seltsam diese Antwort scheinen mag, so ist sie doch ebensosehr durch die Vernunft als durch die Erfahrung gerechtfertigt, so daß man an der Richtigkeit derselben nicht zweifeln kann. Größer werden als unendlich groß ist hier ebensoviel, als auf die entgegengesetzte Seite übergehen, was in der That parador erscheint.

Den 22. December 1761.

Neunundvierzigster Brief.

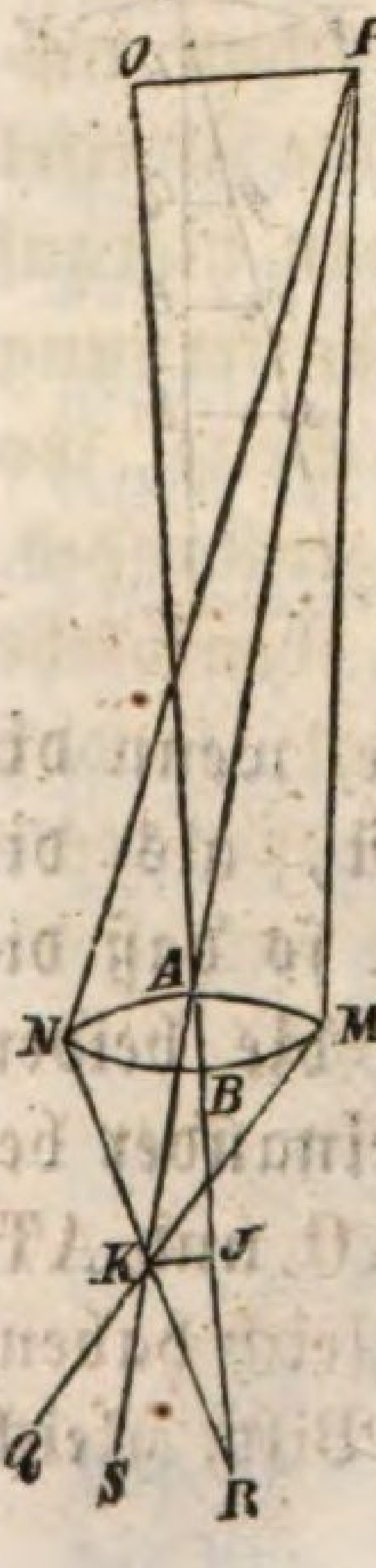
Von der Größe der Bilder.

Ew. H. werden nun nicht mehr bezweifeln, daß jedes Converglas irgendwo von den vor ihm befindlichen Gegenständen ein Bild machen werde, und daß in den einzelnen Fällen der Ort des Bildes verschieden seyn müsse, sowohl nach der Entfernung des Gegenstandes, als nach der Brennweite des Glases; allein ich habe doch noch einen sehr wichtigen Artikel zu erläutern, nämlich die Größe der Bilder.

Wenn uns ein solches Glas in der Entfernung von einem Fuß das Bild der Sonne, oder des Monds, oder eines Sternes zeigt, so stellen sich Ew. H. leicht vor, daß diese Bilder ohne Vergleich kleiner seyn müssen, als ihre Gegenstände. Wie wäre es möglich, da ein Stern viel größer ist, als die ganze Erde, uns ein ebenso großes Bild in der Entfernung von einem Fuße vorzustellen? Allein da uns ein Stern nur als ein Punkt erscheint, so gleicht auch das durch ein Glas von ihm gemachte Bild nur einem Punkte, und ist folglich unendlich vielmal kleiner, als der Gegenstand selbst.

Man hat also bei jeder durch ein Glas bewirkten Erscheinung zweierlei zu berücksichtigen, einmal den Ort des Bildes, und dann seine wirkliche Größe, welche von der des Gegenstandes sehr verschieden seyn kann. Da der erste Punkt bereits hinlänglich erläutert ist, so will ich nun Ew. H. eine sehr einfache Regel auseinandersetzen, nach welcher Sie in jedem Falle leicht beurtheilen können, wie groß das durch ein Glas dargestellte Bild seyn müsse.

Fig. 76.



Es sey OP (Fig. 76) irgend ein auf der Axe des Converglases MN befindlicher Gegenstand, so muß man zuerst den Ort des Bildes suchen, welcher in J sey, so daß der Punkt J das Bild des Endes O des Gegenstandes ist, weil die von O ausgegangenen Strahlen daselbst durch die Brechung des Glases vereinigt werden. Sehen wir nun nach, an welchem Orte das Bild des andern Endes P des Gegenstandes erscheinen wird, und betrachten zu dem Ende die Strahlen PM, PN, PA, welche von dem Punkte P aus auf das Glas fallen. Ich bemerke hiebei, daß der Strahl PA, der durch die Mitte des Glases geht, seine Richtung nicht ändert, sondern seinen Weg nach AKS

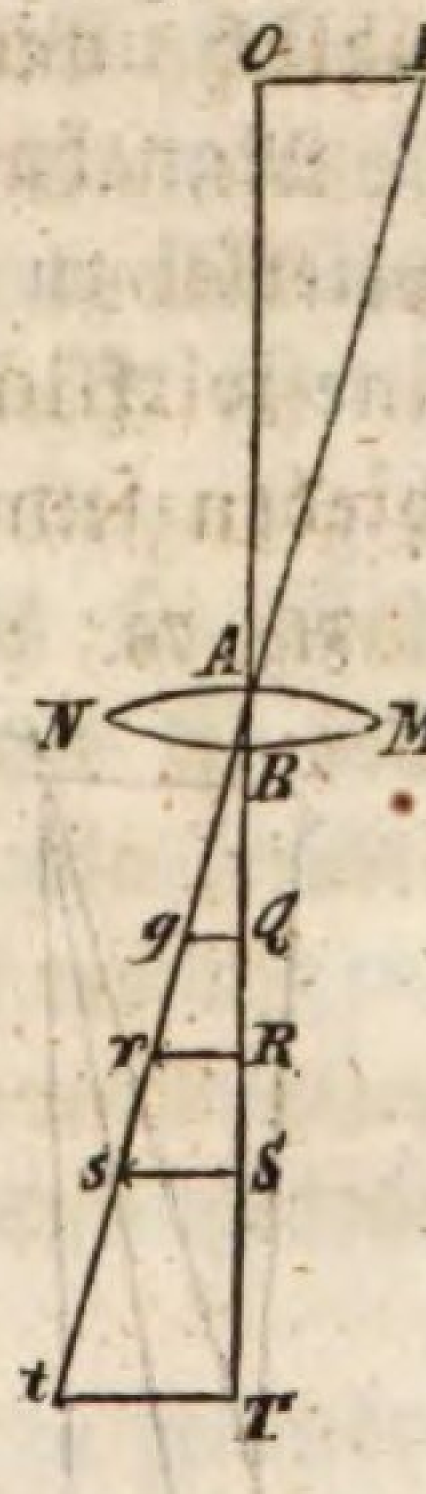
fortsetzt. Auf irgend einem Punkte K dieser Linie werden sich daher die andern Strahlen PM, PN vereinigen müssen, oder der Punkt K wird das Bild vom Ende P des Gegenstandes seyn, während J das Bild von O ist; hieraus kann man leicht schließen, daß JK das durch das Glas gemachte Bild des Gegenstandes OP seyn wird.

Hat man daher bereits den Punkt J gefunden, so darf man, um die Größe dieses Bildes zu bestimmen, nur von dem Ende P des Gegenstandes die gerade Linie PAKS ziehen, und dann in J die Linie JK senkrecht zur Axe machen, welche das fragliche Bild seyn wird; es ist hiedurch auch klar, daß dieses Bild verkehrt seyn muß, so, daß wenn OR horizontal und der Gegenstand OP ein Mensch wäre, das Bild den Kopf K nach unten und die Füße nach oben in J hätte.

Außerdem will ich hierüber noch Folgendes beifügen:

1) Je näher sich das Bild an dem Glase befindet, desto kleiner ist es, und je weiter es von dem Glase entfernt ist, desto größer ist dasselbe. Wäre also OP (Fig. 77) der vor dem Glase MN auf der Axe befindliche Gegenstand, und das Bild fiele nach Q, so würde es kleiner seyn, als wenn es nach R, S oder T fiele. Denn, weil die gerade Linie PAt, welche von der Spitze P des Gegenstandes durch die Mitte des Glases gezogen ist, das Bild immer begränzt, in welcher Entfernung vom Glase dasselbe sich befinden mag, so ist klar, daß unter den Linien Qq, Rr, Ss, Tt die erste Qq die kleinste ist, und daß die andern um so größer sind, je mehr sie von dem Glase sich entfernen.

Fig. 77.



2) Es gibt einen Fall, wo das Bild gerade so groß ist, als der Gegenstand; dieser Fall findet statt, wenn die Entfernung des Bildes jener des Gegenstandes gleich ist, was eintritt, wie ich schon angegeben habe, wenn die Entfernung AO des Gegenstandes doppelt so groß ist, als die Brennweite des Glases; dann wird Tt das Bild seyn, so daß die Entfernung BT gleich AO ist. Ew. H. haben nun nur die beiden Dreiecke OAP und TAt zu betrachten, welche, da sie die einander bei der Spitze A entgegenstehenden Winkel und die Seiten AO und AT, außerdem aber auch die Winkel bei O und T als Rechte gleich haben, einander gleich sind; folglich ist auch die Seite Tt, das Bild, gleich der Seite OP, dem Gegenstande.

3) Wäre das Bild zweimal so weit vom Glase entfernt, als der Gegenstand, so wäre es auch zweimal so groß; und überhaupt, so vielmal das Bild weiter vom Glase absteht, als der Gegenstand, so vielmal ist es größer, als dieser. Allein je mehr man den Gegenstand dem Glase nähert, desto weiter entfernt sich das Bild, und desto größer muß es folglich auch werden.

4) Das Gegentheil tritt ein, wenn das Bild näher beim Glase sich befindet als der Gegenstand; dann ist es ebenso vielmal kleiner, als der Gegenstand, als es sich näher beim Glase befindet, wie dieser. Wäre daher der Abstand des Bildes tausendmal kleiner, als der Abstand des Gegenstandes, so wäre es auch tausendmal kleiner als er.

5) Wenden wir dieses auf die Brenngläser an, welche der Sonne ausgesetzt in ihrem Brennpunkte ein Bild der Sonne geben, oder vielmehr einen Brennraum, d. i. jenen lichtvollen und glänzenden Kreis, welcher zündet, und nichts Anderes ist, als das von dem Glase dargestellte Bild der Sonne. Ew. H. werden daher nicht mehr von der Kleinheit dieses Bildes überrascht seyn, obgleich die Sonne so außerordentlich groß ist, weil dieses im Brennpunkte befindliche Bild ebenso vielmal kleiner seyn muß, als die wirkliche Sonne, als die Entfernung der Sonne größer ist, als der Abstand des Bildes vom Glase.

6) Hieraus ist ferner klar, daß der Kreis im Brennpunkte um so glänzender seyn wird, je größer die Brennweite eines Brennglases ist; d. h. das Bild der Sonne wird um so größer seyn: immer aber ist der Durchmesser des Brennraums ungefähr hundertmal kleiner, als die Brennweite des Glases.

In der Fortsetzung werde ich die Ehre haben, von den verschiedenen Anwendungen der Convergläser zu reden, welche so merkwürdig sind, daß sie wohl die Aufmerksamkeit Ew. H. verdienen.

Den 26. December 1761.

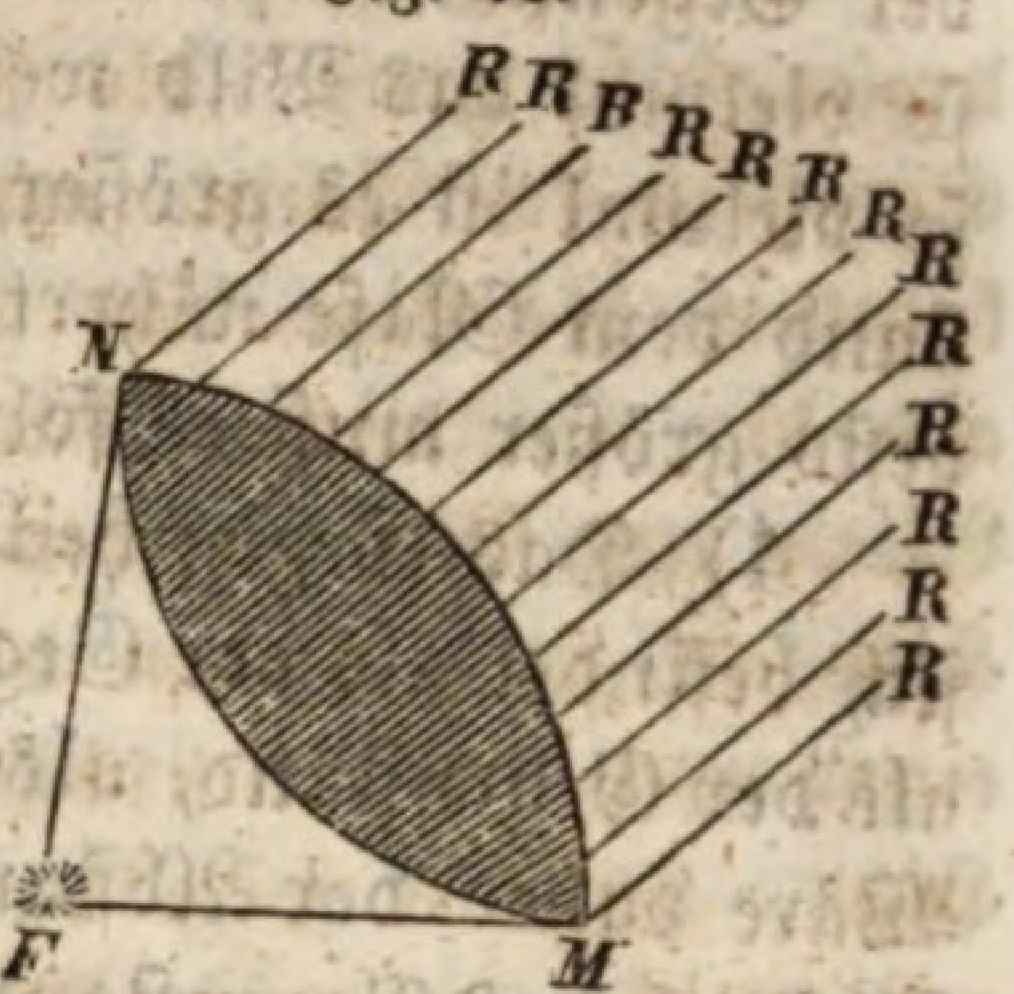
Fünfzigster Brief.

Von den Brenngläsern.

Die erste Anwendung der Convergläser ist ihr Gebrauch als Brenngläser, deren Wirkung selbst jene in Erstaunen setzt, welche schon einige Kenntnisse in der Naturlehre besitzen. Wer sollte nämlich vermuthen, daß das einfache Bild der Sonne einen so erstaunlichen Hitzgrad hervorbringen könne? Allein Ew. H. werden dar=

über nicht mehr erstaunt seyn, wenn Sie geruhen wollen, den nachfolgenden Betrachtungen einige Aufmerksamkeit zu schenken.

Fig. 78.



1) Es sey MN (Fig. 78) ein Brennglas, auf dessen Fläche die Sonnenstrahlen R, R, R fallen, welche so gebrochen werden, daß sie in F einen kleinen lichtvollen Kreis bilden. Dieser ist das Bild der Sonne, und um so kleiner, je näher er dem Glase liegt.

2) Alle Sonnenstrahlen, welche auf das Glas fallen, werden in dem kleinen Raume des Brennpunktes F vereinigt, und es muß also ihre Wirkung ebenso vielmal größer werden, als die Fläche des Glases größer ist, als der Brennraum, oder das Bild der Sonne. Man sagt daher, daß alle die auf der Fläche des Glases vertheilten Strahlen in dem kleinen Raum F gesammelt werden.

3) Die Sonnenstrahlen besitzen aber einen gewissen Grad von Wärme, und sie müssen daher dieses Vermögen in dem Brennpunkte auf eine sehr merkliche Weise äußern; man kann selbst bestimmen, wie vielmal die dadurch hervorgerufene Wärme die natürliche Wärme der Sonnenstrahlen übertreffen muß, wenn man untersucht, wie vielmal die Fläche des Glases größer ist, als jene des Brennraumes.

4) Wäre die Fläche des Glases nicht größer, als der Brennraum, so wäre die Wärme in diesem nicht größer, als die natürliche Sonnenwärme; man muß hieraus folgern, daß es für ein Brennglas, welches große Wirkung hervorbringen soll, nicht genüge, daß es convex sey, oder ein Bild der Sonne mache, es muß auch eine vielmal größere Fläche haben, als der Brennraum, welcher um so kleiner ist, je näher er zum Glase hin fällt.

5) Das ausgezeichnetste Brennglas befindet sich in Frankreich; seine Breite beträgt drei Fuß, und man schätzt seine Fläche für beinahe zweitausendmal größer, als den Brennraum oder das Sonnenbild, welches das Glas macht. Die Hitze, welche es im Brennpunkte hervorbringt, muß demnach zweitausendmal größer seyn, als jene, welche wir im Sonnenscheine empfinden. Seine Wirkungen sind auch zum Erstaunen: jedes Holz entzündet sich augenblicklich, Metalle werden in wenigen Minuten geschmolzen, überhaupt ist das

heftigste Feuer, das wir machen können, gar nicht mit der Hitze in dem Brennpunkte dieses Glases zu vergleichen.

6) Man schätzt die Wärme des siedenden Wassers für ungefähr dreimal so groß, als jene, welche wir zur Sommerszeit in den Strahlen der Sonne empfinden, oder, was auf dasselbe hinauskommt, die Hitze des siedenden Wassers ist etwa dreimal so groß, als die natürliche Wärme des Blutes im menschlichen Körper. Allein um Blei zu schmelzen, bedarf man einer dreimal größeren Hitze als zum Sieden des Wassers, und um Kupfer zu schmelzen einer noch dreimal größeren Hitze. Gold erfordert eine noch größere Hitze, und es folgt daraus, daß eine Hitze, welche hundertmal größer ist, als unsere Blutwärme, schon Gold zu schmelzen vermag; wie vielmal muß daher eine zweitausendmal größere Hitze die Stärke unserer gewöhnlichen Feuer übertreffen!

7) Aber wie bewirken die im Brennpunkte eines Converglases vereinigten Sonnenstrahlen daselbst diese erstaunlichen Wirkungen? Das ist eine höchst schwierige Frage, über welche die Ansichten der Philosophen sehr getheilt sind. Jene, welche behaupten, die Strahlen seyen ein wirklicher Ausfluß der Sonne, der mit jener großen Geschwindigkeit von ihr ausgesendet wird, worüber ich schon mit Ew. H. zu reden die Ehre hatte, sind darüber nicht in Verlegenheit; sie brauchen nur zu sagen, daß die Materie der Strahlen, indem sie die Körper mit Heftigkeit trifft, die kleinsten Theilchen der Körper zerbrechen und gänzlich zerstören muß. Allein diese Ansicht kann in einer gesunden Naturlehre nicht mehr Platz finden.

8) Die andere Ansicht, welche die Natur des Lichtes in eine Erschütterung des Aethers setzt, scheint zur Erklärung dieser erstaunlichen Wirkungen der Brenngläser wenig geeignet zu seyn. Wenn man indessen alle Umstände gehörig erwägt, so wird man bald von der Möglichkeit überzeugt werden. Wenn nämlich die natürlichen Sonnenstrahlen auf einen Körper fallen, so bringen sie dessen kleinste Theilchen zum Erzittern, oder in eine schwingende Bewegung, welche ihrerseits neue Strahlen hervorzurufen vermag, wodurch uns eben der Körper sichtbar wird. Ein Körper ist überhaupt nur erleuchtet und sichtbar, insofern seine eigenen Theile in eine so rasche schwingende Bewegung versetzt werden, daß er im Stande ist, im Aether neue Strahlen hervorzurufen.

9) Wenn nun schon die natürlichen Sonnenstrahlen Kraft genug haben, um die kleinsten Theilchen der Körper erzittern zu machen, so ist klar, daß die in dem Brennpunkte vereinigten

Strahlen die kleinsten Theilchen der Körper, welche sie dort antreffen, in eine so heftige Bewegung versetzen müssen, daß ihre wechselseitige Verbindung aufgehoben, und der Körper selbst gänzlich zerstört werden muß. Denn, wenn der Körper brennbar ist, wie das Holz, so wird die Trennung seiner kleinsten Theilchen, verbunden mit der heftigsten Bewegung, einen großen Theil derselben in der Form von Rauch in die Luft treiben, während die gröbern Theile als Asche zurückbleiben. Schmelzbare Körper, wie die Metalle, werden durch die Trennung ihrer kleinsten Theilchen flüssig, und man kann hieraus begreifen, wie das Feuer auf die Körper wirkt: nur die Verbindung ihrer kleinsten Theilchen wird dadurch angegriffen, und die Theilchen selbst werden sodann in die heftigste Bewegung versetzt. Dieses ist also die auffallende Wirkung der Brenngläser, und sie hat ihren Grund in der Natur der Convergläser; ich werde die Ehre haben, Ew. H. noch andere Wunder von denselben vorzutragen. Den 28. December 1761.

Einundfünfzigster Brief.

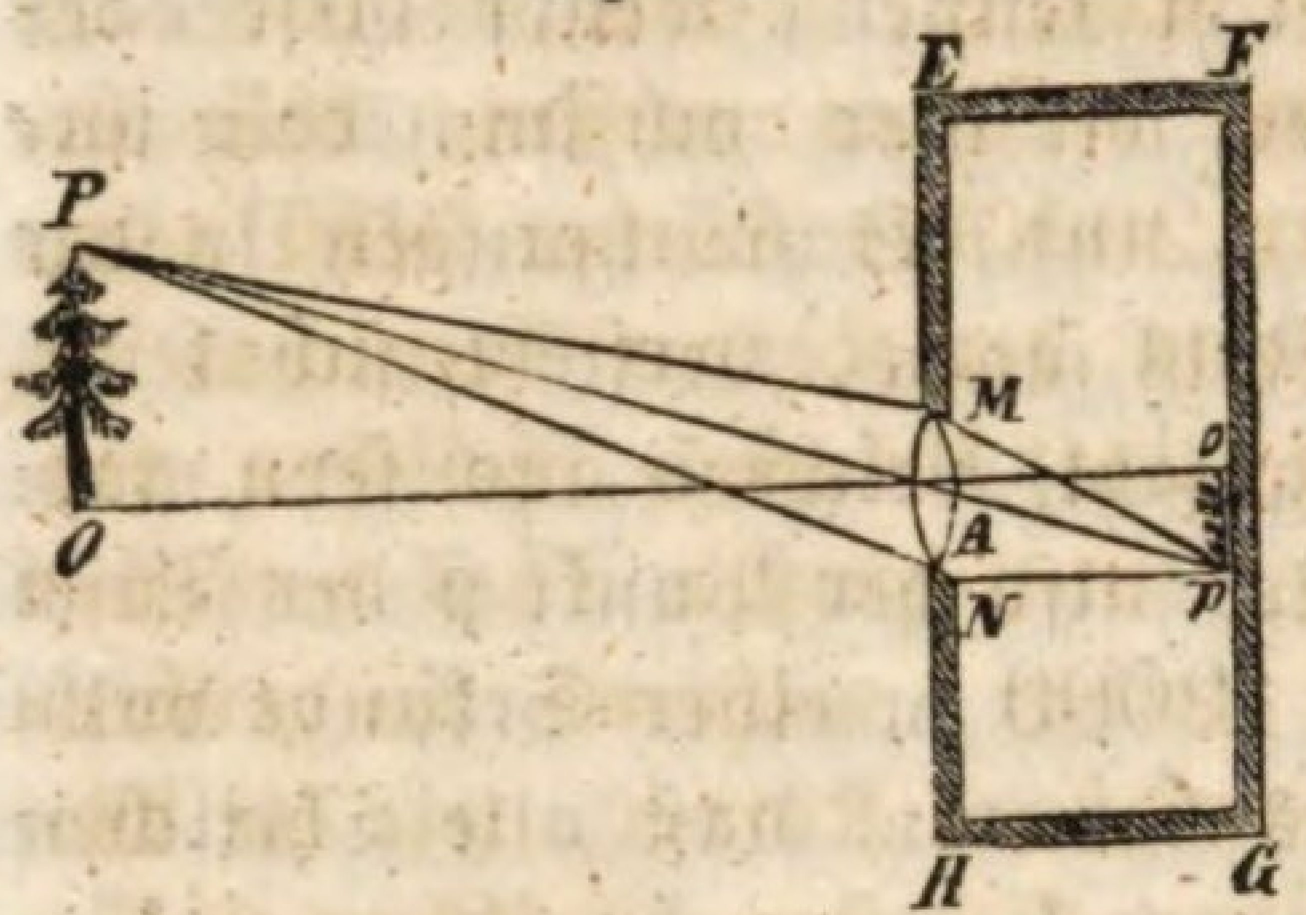
Ueber die Camera obscura.

Nachdem ich vorerst beim Jahreswechsel Ew. H. meine heißesten Wünsche für deren Erhaltung dargebracht habe, fahre ich in meinem Vortrage fort.

Eine weitere Anwendung des Converglases wird bei der dunkeln Kammer (Camera obscura) gemacht, wo durch ein solches Glas alle äußern Gegenstände auf einer weißen Fläche innerhalb der Kammer in ihren natürlichen Farben dargestellt werden; so daß die ganze Landschaft in einer solchen Vollkommenheit erscheint, wie dieses kein Maler auszuführen vermöchte. Die Maler bedienen sich auch dieses Mittels, um Landschaften und andere entfernte Gegenstände genau abzubilden. Ueber diese Camera obscura Ew. H. zu unterhalten, habe ich mir nun vorgenommen.

Die Figur EFGH (Fig. 79) stellt den Durchschnitt einer dunkeln, ringsum wohl verschlossenen Kammer vor, welche nur in einem Laden die runde Oeffnung MN hat, in der ein Converglas von solcher Brennweite befestigt ist, daß die Bilder der äußern Gegenstände, wie des Baumes OP, genau auf die gegenüberstehende Wand FG in op fallen. Man bedient sich dabei auch einer weißen beweglichen Tafel, die man an den Ort stellt, wo die Bilder erscheinen.

Fig. 79.



Also nur durch die Oeffnung MN, wo sich das Glas befindet, können Lichtstrahlen in die Kammer kommen, und außerdem würde in ihr eine vollkommene Finsterniß herrschen.

Betrachten wir nun den Punkt P irgend eines Gegenstandes, z. B. den Gipfel von unserm Baume OP. Seine Strahlen PM, PA, PN werden auf das Glas fallen und von diesem gebrochen werden, so daß sie sich in dem Punkte p der Wand, oder der dahin gesetzten weißen Tafel wieder vereinigen. Dieser Punkt p erhält demnach keine andern, als von dem Punkte P ausgegangenen Strahlen; ebenso erhält jeder andere Punkt der Tafel nur Strahlen, welche von dem ihm entsprechenden Punkte des Gegenstandes ausgegangen sind; und umgekehrt entspricht jedem Punkte des Gegenstandes ein Punkt der Tafel, welcher allein seine Strahlen erhält. Nähme man das Glas aus der Oeffnung MN weg, so würde die Tafel ganz anders erleuchtet seyn, weil dann jeder Punkt des Gegenstandes seine Strahlen über die ganze Tafel ausbreiten würde, so daß jeder Punkt der Tafel zugleich von allen äußern Gegenständen erleuchtet wäre, während er jetzt nur von dem einzigen Punkte des Gegenstandes, dessen Strahlen er erhält, erleuchtet wird. Ew. H. ersehen daraus leicht, daß die Wirkung hiebei eine ganz andere seyn müsse, als wenn die Strahlen geradezu durch die Oeffnung MN in die Kammer treten könnten.

Sehen wir nun, worin dieser Unterschied bestehe, und nehmen vorerst an, der Punkt P des Gegenstandes sey grün. Der Punkt p der Tafel wird also nur grüne Strahlen erhalten, welche durch ihre Vereinigung einen gewissen Eindruck machen werden, welcher jetzt zu untersuchen ist. Ew. H. mögen sich zu dem Ende gefälligst an folgende Sätze erinnern, welche ich früher zu erläutern die Ehre hatte:

1) Die verschiedenen Farben unterscheiden sich auf gleiche Weise von einander, wie die Töne der Musik; jede Farbe wird durch eine gewisse bestimmte Zahl von Schwingungen hervorgebracht, welche in einer gegebenen Zeit im Aether erregt werden. So ist also die grüne Farbe unseres Punktes P bedingt durch eine gewisse Zahl von Schwingungen, und sie wäre nicht mehr grün, wenn diese Schwingungen mehr oder weniger häufig wären. Wenn wir nun

gleich die Zahl der Schwingungen nicht kennen, welche diese oder jene Farbe hervorbringen, so können wir hier doch immerhin annehmen, die grüne Farbe erfordere 12000 Schwingungen in der Sekunde; und was wir von dieser Zahl sagen, versteht sich leicht ebenso von der wirklichen Schwingungszahl, welche sie auch seyn mag.

2) Dieses vorausgesetzt, so wird also der Punkt p der Tafel von Schwingungen getroffen, deren 12000 in einer Sekunde vollbracht werden. Ich habe aber bereits bemerkt, daß alle Theilchen einer weißen Oberfläche das Vermögen haben, mehr oder weniger häufige Schwingungen jeder Art anzunehmen, während dagegen die Theilchen einer gefärbten Oberfläche nur Schwingungen von solcher Häufigkeit annehmen können, welche ihrer Farbe entspricht. Weil nun unsere Tafel weiß ist, so wird der Punkt p in eine schwingende Bewegung versetzt werden, wie sie der grünen Farbe zukommt, oder er wird 12000 Schwingungen in der Sekunde machen.

3) Wenn nun der Punkt p, oder das Theilchen p der weißen Fläche sich in einer solchen schwingenden Bewegung befindet, so wird es dieselbe Bewegung auch den Theilchen des umgebenden Aethers mittheilen, und diese Bewegung wird, indem sie sich nach allen Seiten ausbreitet, Strahlen derselben Art, d. h. grüne Strahlen hervorrufen; ähnlich, wie bei den Tönen der Schall eines gewissen Tones, C z. B., eine auf denselben Ton gestimmte Saite erzittern macht, wodurch sie eben diesen Ton angibt, ohne daß sie berührt wurde.

4) Der Punkt p der Tafel wird also grüne Strahlen hervorbringen, gerade wie wenn er mit dieser Farbe bemalt wäre. Was ich hier für den Punkt p gezeigt habe, gilt auf gleiche Weise für alle andern Punkte der erleuchteten Tafel; alle werden Strahlen hervorrufen, und von derselben Farbe, welche dem Gegenstande zukommt, dessen Bild sie darstellen. Jeder Punkt der Tafel wird also in einer gewissen Farbe erscheinen, auf dieselbe Weise, wie wenn er in der That damit bemalt wäre.

5) Man wird also auf der Tafel alle Farben jener äußern Gegenstände bemerken, deren Strahlen durch das Glas in die Kammer dringen; und jeder Punkt wird in der Farbe des Gegenstandes erscheinen, welcher ihm entspricht. Man wird demnach auf der Tafel eine Menge verschiedener Farben erblicken, welche ebenso angeordnet sind, wie man sie an den äußern Gegenständen sieht, d. h. eine Malerei, oder vielmehr ein vollständiges Gemälde, welches alle

außerhalb der dunkeln Kammer vor dem Glase MN befindlichen Gegenstände naturgetreu darstellt.

6) Alle diese Gegenstände werden jedoch verkehrt auf der Tafel erscheinen, wie Ew. H. leicht aus dem, was ich in meinen frühern Briefen gesagt habe, schließen werden. Der Stamm O des Baumes wird in o, der Gipfel P sich in p zeigen; denn jeder Gegenstand muß auf der weißen Tafel an der Stelle erscheinen, wohin die gerade Linie trifft, welche von dem Gegenstande P durch die Mitte A des Glases gezogen wird; was also oben ist, wird unten, was links ist, wird rechts abgebildet, mit einem Worte, alles wird auf der Tafel verkehrt seyn. Ungeachtet dessen wird die Darstellung richtiger und vollkommener seyn, als sie der geschickteste Maler machen könnte.

7) Uebrigens werden Ew. H. bemerken, daß dieses Gemälde um so mehr kleiner seyn wird als die Gegenstände selbst, je kürzer die Brennweite des Glases ist. Gläser von kurzer Brennweite werden also die Gegenstände klein wiedergeben, und wenn man dieselben größer zu erhalten wünscht, wird man Gläser von großer Brennweite anwenden müssen, oder solche, welche die Bilder in größerer Entfernung geben.

8) Um diese Bilder bequemer betrachten zu können, fängt man die Strahlen mit einem Spiegel auf, wodurch sie zurückgeworfen werden, so daß sich das Gemälde horizontal darstellt, was besonders dann bequem ist, wenn man dasselbe nachzeichnen will.

Den 2. Januar 1762.

Zweiundfünfzigster Brief.

Betrachtungen über die Camera obscura.

Obgleich Ew. H. die Erscheinungen, welche ein Converglas in einer dunkeln Kammer bewirkt, nun gewiß vollkommen verstehen, so hoffe ich doch, die folgenden Betrachtungen werden nicht überflüssig seyn, indem sie den Gegenstand noch mehr beleuchten.

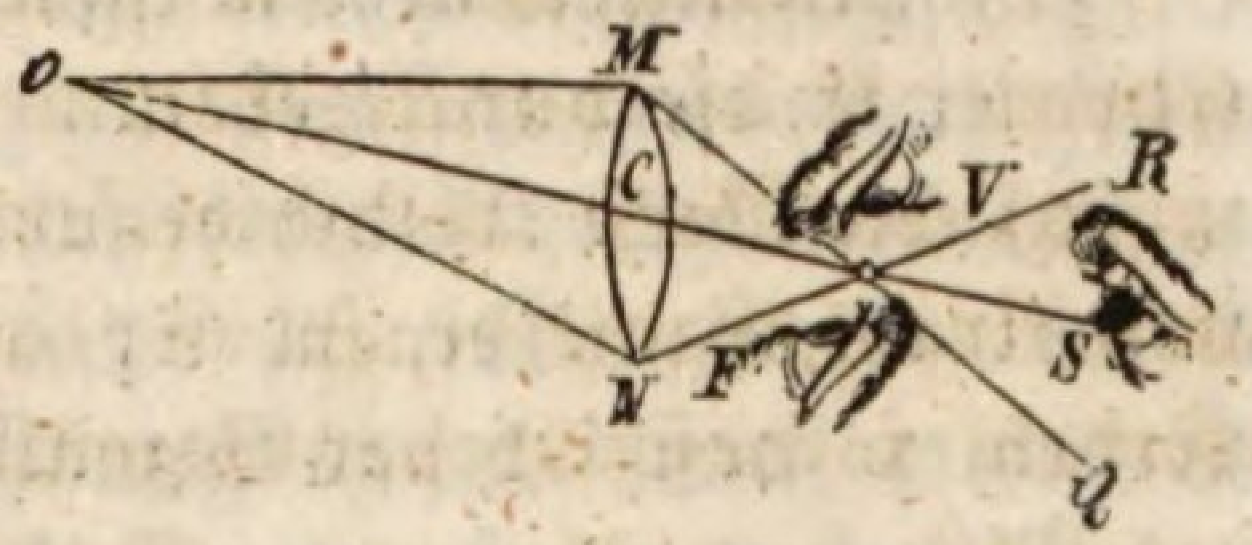
1) Für's Erste muß die Kammer vollkommen dunkel seyn; denn wenn sie erleuchtet wäre, so würde die weiße Tafel schon für sich selbst sichtbar seyn, und die Theilchen ihrer Oberfläche könnten, da sie schon in Bewegung wären, den Eindruck der Strahlen, welche sich zu den Bildern der äußern Gegenstände vereinigen, nicht mehr annehmen. Wenn indessen die Kammer nur wenig erleuchtet ist, so

wird man immerhin Etwas von dem Bilde auf der Tafel wahrnehmen, obgleich dasselbe nicht so lebhaft ist, als wenn die Kammer vollkommen dunkel wäre.

2) Zweitens muß man das auf der weißen Tafel erscheinende Gemälde wohl von dem Bilde unterscheiden, welches das Glas vermöge seiner Eigenschaften allein hervorbringen kann, wie ich früher auseinandergesetzt habe. Es ist allerdings wahr, daß dieses Bild mit dem Gemälde auf der Tafel zusammenfällt, wenn diese an dieselbe Stelle gebracht wird, wo das Bild der Gegenstände durch das Glas hervorgebracht wird; allein immer haben diese zwei Dinge doch eine ganz verschiedene Natur: das Bild ist Nichts als eine Erscheinung, oder ein in der Luft schwebender Schatten, der nur von gewissen Stellen aus sichtbar ist; während das, was sich auf der weißen Tafel zeigt, ein wirkliches Gemälde ist, welches von allen, die sich in der Kammer befinden, gesehen werden kann, und dem nur die Dauerhaftigkeit fehlt.

3) Um diesen Unterschied deutlicher zu machen, darf man nur die Natur des Bildes o, welches in Fig. 80 durch das Converglas MN von dem in O befindlichen Gegenstande gemacht wird, genauer betrachten. Dieses Bild ist nichts Anderes, als der Ort, wo sich die Strahlen OM, OC, ON des Gegenstandes, nachdem sie durch das Glas gegangen, vermöge der Brechung wieder vereinigen, und dann ihren Weg in der Art fortsetzen, als kämen sie von dem Punkte o, obgleich sie ihre Quelle in O, und durchaus nicht in o haben.

Fig. 80.



4) Dieser Umstand bewirkt, daß das Bild o nur solchen Augen sichtbar ist, welche sich irgendwo in dem Winkel RoQ, wie etwa in S, befinden, wo dann ein Auge in der That Strahlen empfängt, welche für dasselbe von dem Punkte o kommen. Allein ein außerhalb dieses Winkels, wie in F oder V, befindliches Auge wird Nichts davon sehen, weil keiner der in o vereinigten Strahlen seine Richtung dorthin nimmt. So unterscheidet sich also das in o befindliche Bild sehr wesentlich von einem wirklichen Gegenstande; es kann nur von gewissen Stellen aus gesehen werden, und ähnelt hierin dem, was man uns von Gespenstern sagt.

5) Bringt man aber eine weiße Tafel nach o, und wird ihre Oberfläche in dem Punkte o wirklich in eine ähnliche Bewegung

versetzt, wie jene, welche in dem Gegenstande O stattfindet, dann erzeugt der Punkt o der Oberfläche selbst Strahlen, welche ihn von allen Seiten sichtbar machen. Darin liegt also der Unterschied zwischen dem Bilde eines Gegenstandes und seiner Darstellung in der dunkeln Kammer: das Bild ist nur an bestimmten Stellen sichtbar, an jenen nämlich, durch welche die ursprünglich vom Gegenstande kommenden Strahlen gehen; während das Gemälde, oder die Darstellung auf der weißen Tafel durch ihre eigenen Strahlen gesehen wird, welche durch die Erzitterung der Theilchen der Oberfläche hervorgerufen und darum überall in der dunkeln Kammer bemerkt werden.

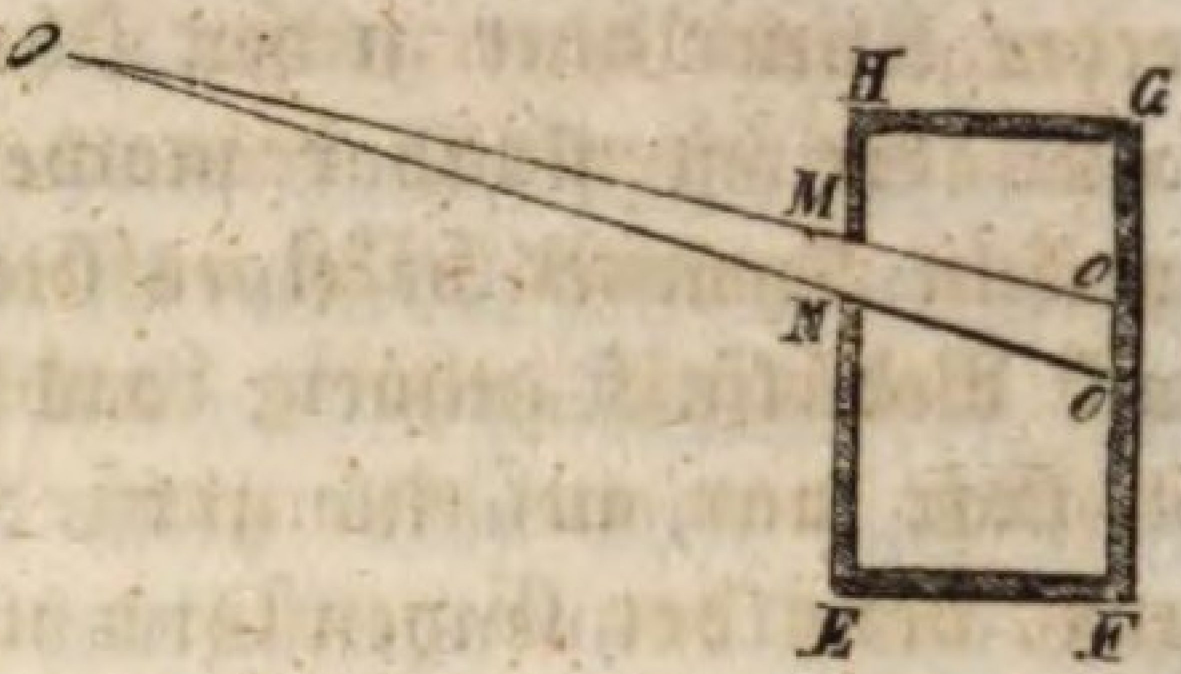
6) Man sieht auch, daß die weiße Tafel durchaus an die Stelle des durch das Glas gemachten Bildes gesetzt werden muß, damit kein Punkt der Tafel andere Strahlen empfange, als solche, welche von einem einzigen Punkte des Gegenstandes herkommen; denn wenn auch noch andere Strahlen auf dieselbe Stelle fielen, so würden sie die Wirkung jener stören, oder die Darstellung wenigstens verwirrt machen.

7) Nähme man das Glas weg, und hätten die Strahlen freien Eintritt in die dunkle Kammer, so würde die weiße Tafel auf gewöhnliche Weise erleuchtet seyn, und man würde nicht das Mindeste von einem Gemälde sehen; auf jeden Punkt der Tafel würden die Strahlen verschiedener Gegenstände fallen und daselbst kein bestimmtes Bild hervorbringen. Das Gemälde, welches man in einer dunkeln Kammer auf einer weißen Fläche sieht, ist daher die Wirkung des in dem Laden befestigten Converglases; durch dieses werden die von einem Punkte des Gegenstandes ausgegangenen Strahlen von Neuem in einem einzigen Punkte vereinigt.

8) Wenn indessen das Loch im Laden der dunkeln Kammer sehr klein ist, so bemerkt man hiebei eine sonderbare Erscheinung. Obgleich nämlich jetzt kein Glas vorhanden ist, so gewahrt man dennoch auf der gegenüberstehenden Wand die Bilder der außerhalb befindlichen Gegenstände, und zwar in ihren natürlichen Farben. Allein diese Erscheinung ist sehr matt und undeutlich, und die ganze Erscheinnng verschwindet, sobald man die Oeffnung etwas größer macht. Ich muß die Ursache dieser Erscheinung erklären.

In Fig. 81 ist MN die kleine Oeffnung, durch welche die Strahlen der äußern Gegenstände in die dunkle Kammer EFGH treten; die der Oeffnung gegenüberstehende Mauer GF ist weiß, damit sie den Eindruck der Strahlen aller Art besser annimmt.

Fig. 81.



Der Punkt O bezeichne einen Gegenstand, von welchem nur die Strahlen OM und ON nebst den zwischen diesen befindlichen in die Kammer eintreten können: sie werden auf den kleinen Raum oo der Mauer fallen, und ihn erleuchten. Dieser Raum oo wird um so kleiner seyn, oder sich um so mehr einem Punkte nähern, je kleiner die Oeffnung MN ist; wäre daher diese Oeffnung sehr klein, so hätten wir wieder die frühere Wirkung, wo jeder Punkt der weißen Tafel nur von einem einzigen Punkte des Gegenstandes Strahlen erhält, und es müßte eine ähnliche Erscheinung stattfinden, wie jene, welche das in die Oeffnung des Ladens gesetzte Converglas bewirkt. Allein da im gegenwärtigen Falle die Oeffnung, so klein sie auch seyn mag, doch eine gewisse Ausdehnung hat, so wird jeder Punkt O des Gegenstandes auf der Mauer einen gewissen kleinen Raum oo erleuchten und durch seine Strahlen erschüttern; es wird daher ungefähr dasselbe erfolgen, als wenn ein Maler, anstatt Punkte auf das Gemälde zu machen, mit einem dicken Pinsel Flecke von einer gewissen Breite darauf setzte, und dabei dennoch Zeichnung und Färbung beobachtete. Einem solchen Geklecksе wäre unsere Darstellung auf der Mauer ähnlich; sie würde indessen um so reiner ausfallen, je kleiner die Oeffnung wäre, durch welche die Strahlen eintreten.

Den 5. Januar 1762.

Dreiundfünfzigster Brief.

Von der Zauberlaterne und dem Sonnenmikroskop.

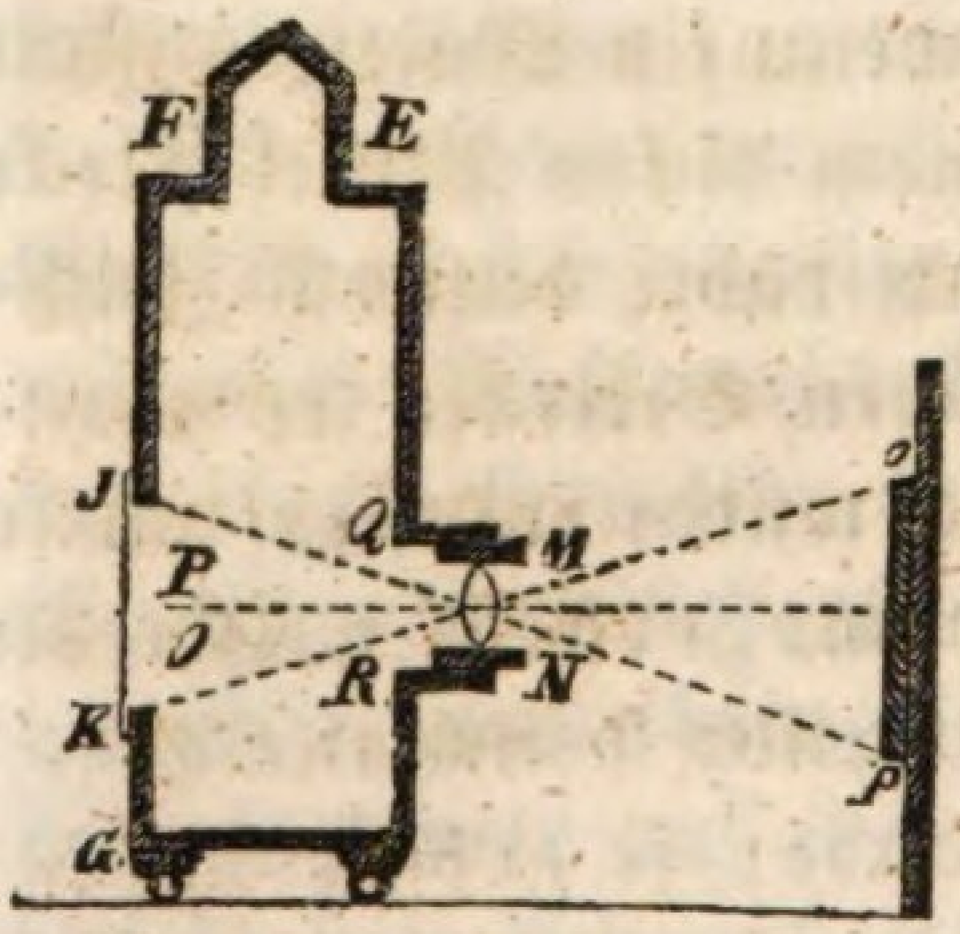
Die Camera obscura ist eigentlich nur für sehr entfernte Gegenstände bestimmt; allein Ew. H. begreifen leicht, daß dieselbe auch für nähere Gegenstände gebraucht werden kann; man muß dann nur die weiße Tafel weiter von dem Glase entfernen, nach der allgemeinen Regel, daß das Bild sich um so weiter von einem Converglase entfernt, je näher der Gegenstand an dasselbe gebracht wird. In dem Falle, daß dann die Kammer hiefür nicht tief genug wäre, müßte man ein Glas von kürzerer Brennweite anwenden.

Man könnte also vor die Oeffnung mit dem Converglase einen beliebigen Gegenstand, selbst ein Gemälde anbringen, und würde

dann davon in der dunkeln Kammer eine Copie erhalten, die entweder kleiner oder größer seyn wird, als jene des Originals. Es wäre aber jedenfalls bequemer, wenn man den Gegenstand in der dunkeln Kammer selbst aufstellen könnte, damit man denselben je nach Bedürfniß gehörig handhaben und stellen könnte; allein hiebei stößt man auf eine große Schwierigkeit, der abgeholfen werden muß, denn der Gegenstand wird so selbst dunkel, und folglich unfähig, die gewünschte Wirkung hervorzubringen.

Man muß also auf Mittel denken, wodurch der Gegenstand in der dunkeln Kammer selbst möglichst erleuchtet werden kann, *ohne* daß dieses Licht in die Kammer zu dringen vermag. Ich habe hiezu Mittel gefunden, und Ew. H. werden sich erinnern, daß ich dieselben an einer derartigen Maschine ausführte, welche ich vor sechs Jahren Ihnen zu überreichen die Ehre hatte. Jetzt werden Ew. H. die Einrichtung derselben leicht verstehen, so wie die Grundsätze, worauf sie beruht.

Fig. 82.



Diese Maschine besteht aus einem ringsum wohl verschlossenen Kästchen, etwa wie Fig. 82, dessen hintere Seite FG eine Oeffnung hat, um die Gegenstände, die Bildnisse oder andere Gemälde OP, welche man darstellen will, hineinzuschieben; auf der gegenüberstehenden Seite befindet sich eine Röhre MNQR mit einem Converglase MN; diese Röhre ist beweglich, damit man das Glas in beliebige Entfernung vom Gegenstande stellen kann. Ist nun nur der Gegenstand hinlänglich erleuchtet, so wird das Glas irgendwohin ein Bild op von demselben werfen, und man wird auf einer dahin gestellten weißen Tafel eine genaue Abbildung von dem Gegenstande erhalten, welche um so deutlicher ist, je besser der Gegenstand erleuchtet wird.

Für diesen Zweck habe ich an dem Kästchen zwei seitliche Flügel angebracht, um in dieselben einige Lampen mit starkem Docht zu stellen; außerdem ordnete ich in jedem Flügel einen Spiegel an, welcher das Licht der Lampen auf die Gegenstände OP zurückwirft; endlich befindet sich oberhalb ein Kamin EF, durch welches der Rauch der Lampen abzieht. Das ist die Einrichtung dieser Maschine, innerhalb welcher der Gegenstand OP eine sehr starke Erleuchtung erhalten kann, ohne daß dadurch die Dunkelheit der Kammer ver-

mindert wird. In Bezug auf den Gebrauch der Maschine sind die folgenden Sätze zu bemerken:

I. Wenn man die Röhre MNQR weiter hinein steckt, oder das Glas MN dem Gegenstande PQ nähert, so entfernt sich das Bild op, und man muß daher auch die weiße Tafel weiter zurückschieben, um das Bild darauf zu erhalten; dabei wird aber auch das Bild größer, und man kann dasselbe auf diese Weise so vielmal vergrößern, als man nur will, indem man das Glas MN immer mehr dem Gegenstande OP nähert.

II. Entfernt man durch Verlängerung der Röhre MNQR das Glas vom Gegenstande, so wird die Entfernung des Bildes kleiner, und man muß die weiße Tafel dem Glase nähern, um eine reine und scharfe Darstellung zu erhalten; allein dieselbe wird dabei auch kleiner.

III. Es ist ebenfalls klar, daß das Bild immer verkehrt seyn wird; aber diesem Uebelstande ist leicht abzuhelfen; man braucht nur den Gegenstand selbst umzukehren, und den obern Theil nach Unten zu richten, dann wird das Bild aufrecht auf der weißen Tafel erscheinen.

IV. Im Allgemeinen ist auch noch zu bemerken, daß das Bild um so weniger Licht besitzen, um so dunkler seyn werde, je mehr es auf der weißen Tafel vergrößert wird; während umgekehrt dasselbe um so lichtvoller und glänzender erscheint, je kleiner es gemacht wird. Der Grund hievon ist einleuchtend; denn alle Helligkeit kommt von dem beleuchteten Gegenstande; je größer daher der Raum ist, auf welchen sie vertheilt wird, desto mehr wird sie geschwächt; umgekehrt wird sie lebhafter und glänzender seyn, wenn sie in einen kleinen Raum zusammengedrängt wird.

V. Je mehr man daher die Darstellung vergrößern will, desto mehr muß man die Beleuchtung des Gegenstandes verstärken, indem man entweder mehr Lampen in den Flügeln der Maschine anzündet, oder ihre Flamme verstärkt; für kleine Darstellungen aber ist eine mäßige Erleuchtung ausreichend.

Die so eben beschriebene Maschine heißt eine Zauberlaterne — **laterna magica**, um sie von der gewöhnlichen dunkeln Kammer — **camera obscura** — zu unterscheiden, deren man sich nur für sehr entfernte Gegenstände bedient. Die Form hat ohne Zweifel den Namen Laterne veranlaßt, um so mehr, da man ja Lichter in dieselbe stellt; allein das Wort Zauber kommt daher, daß die ersten Besitzer den Leuten weiß machen wollten, es finde dabei wirk=

lich eine Art von Magie oder Hexerei statt. Indessen sind die gewöhnlichen Zauberlaternen nicht auf die angegebene Weise eingerichtet, und man stellt durch dieselben keine andern Gegenstände, als auf Glas gemalte Figuren dar, während die Maschine, welche ich erdacht habe, für Gegenstände jeder Art gebraucht werden kann.

Man kann sich ihrer selbst für die Darstellung der kleinsten Gegenstände bedienen, und dieselbe zum Erstaunen vergrößern, so daß die kleinste Fliege groß, wie ein Elephant erscheint; allein dann reicht die durch Lampen bewirkte Helligkeit nicht aus; man muß dann die Maschine so anordnen, daß die Gegenstände durch die mittels eines Brennglases verstärkten Sonnenstrahlen erleuchtet werden. Die Maschine wechselt dann den Namen und heißt Sonnenmikroskop; ich werde in der Folge Gelegenheit haben, ausführlicher hievon zu reden. Den 9. Januar 1762.

Vierundfünfzigster Brief.

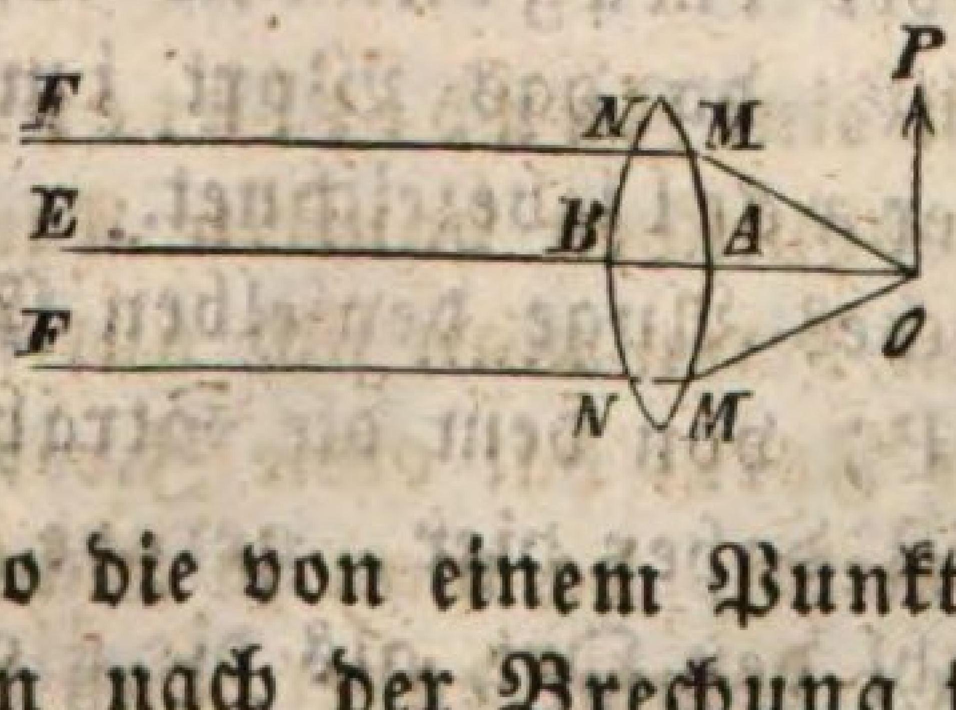
Ueber den Gebrauch und die Wirkung eines Converglases; wenn man unmittelbar durch dasselbe hindurch sieht.

Man bedient sich der Convergläser auch um die Gegenstände unmittelbar durch sie hindurch zu betrachten; um aber die verschiedenen Anwendungen der Art erklären zu können, müssen wir die Untersuchungen über die Natur des Converglases weiter fortsetzen.

Ist die Brennweite eines solchen Glases bekannt, so habe ich schon früher angeführt, daß das Bild eines sehr weit von demselben entfernten Gegenstandes in dem Brennpuncte selbst erscheint; nähert man aber den Gegenstand dem Glase, so entfernt sich das Bild immer mehr, so daß, wenn die Entfernung des Gegenstandes der Brennweite des Glases gleich wird, das Bild sich unendlich weit entfernt und folglich auch unendlich groß wird.

Der Grund davon ist der, daß die Strahlen OM OM (Fig. 83.), welche von dem Brennpunkte O auf das Glas fallen, durch dasselbe so gebrochen werden, daß sie unter sich parallel sind, wie NF und NF; da aber Parallellinien in's Unendliche fortlaufen, ohne sich zu schneiden, und das Bild immer da erscheint, wo die von einem Punkte des Gegenstandes ausgegangenen Strahlen nach der Brechung sich wieder in einem Punkte vereinigen, so wird in dem Falle, wo die Entfernung AO des Gegenstandes der

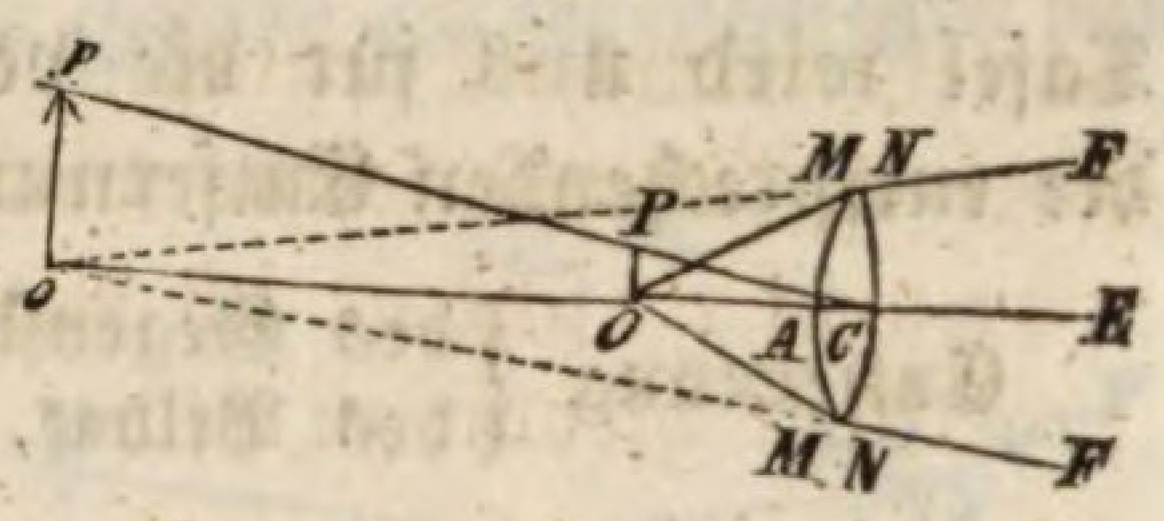
Fig. 83.



Brennweite des Glases gleich ist, der Ort des Bildes unendlich weit entfernt seyn. Weil es nun gleichgültig ist, ob man sich denkt, die parallelen Linien NF und NF laufen auf der rechten oder der linken Seite in unendlicher Entfernung zusammen, so kann man gleich richtig sagen, das Bild befinde sich auf der rechten oder auf der linken Seite in unendlicher Entfernung, der Erfolg ist immer derselbe.

Nachdem dieses bemerkt ist, werden Ew. H. leicht beurtheilen können, wo sich das Bild befinden muß, wenn der Gegenstand dem Glase noch mehr genähert wird.

Fig. 84.



Es sey OP (Fig. 84.) der Gegenstand; weil nun seine Entfernung OA vom Glase kleiner ist, als die Brennweite des Glases, so sind die von O auf dasselbe fallenden Strahlen OM, OM zu divergirend, als daß sie durch die brechende Kraft des Glases unter sich parallel gemacht werden könnten; sie werden daher auch nach der Brechung noch divergirend bleiben, allein viel weniger als vorher, wie dieses die Linien NF und NF bezeichnen. Verlängert man nun diese Linien rückwärts, so werden sie in irgend einem Punkte o zusammenlaufen, wie es Ew. H. an den punktirten Linien No und No sehen können. Die Strahlen NF und NF haben daher nach ihrem Durchgange durch das Glas eine solche Richtung, als kämen sie von dem Punkte o, obgleich sie nicht durch denselben gegangen sind, weil sie erst in dem Glase diese neue Richtung erhalten haben. Ein Auge, welches diese gebrochenen Strahlen NF, NF erhält, wird folglich auf dieselbe Weise gerührt werden, als kämen dieselben wirklich von dem Punkte o, und sich also auch vorstellen, der Gegenstand seines Sehens sey in o. Dennoch befindet sich daselbst kein Bild, wie im vorhergehenden Falle; man könnte immerhin in dem Punkte o eine weiße Tafel aufstellen, es würde sich darauf kein Gemälde zeigen, weil keine Strahlen dahin kommen. Man sagt daher, es befinde sich in o ein eingebildetes oder imaginäres Bild, d. h. ein Bild, welches kein wirkliches ist, da das Wort imaginär den Gegensatz von wirklich oder reell bezeichnet.

Indessen empfängt ein in E befindliches Auge denselben Eindruck, als befände sich der Gegenstand OP, von dem die Strahlen ursprünglich ausgiengen, in o, und es ist daher hier, gerade wie in den früheren Fällen, sehr wichtig, sowohl den Ort, als die Größe dieses imaginären Bildes zu kennen. Was den Ort betrifft, so

genügt die Bemerkung, daß das Bild, wenn die Entfernung AO des Gegenstandes der Brennweite des Glases gleich wäre, unendlich weit abstände, und dieses hat der gegenwärtige mit dem früheren Falle gemeinschaftlich; je mehr man aber den Gegenstand dem Glase nähert, oder je mehr seine Entfernung AO kleiner wird, als die Brennweite des Glases, desto mehr nähert sich auch das imaginäre Bild dem Glase, so aber daß es doch stets weiter vom Glase absteht, als der Gegenstand.

Um dieses durch ein Beispiel zu erläutern, wollen wir annehmen, die Brennweite des Glases betrage 6 Zoll, und die *folgende* Tafel wird uns für die verschiedenen Abstände des Gegenstandes die entsprechenden Entfernungen des imaginären Bildes op geben.

Entfernung	des Gegenstandes, AO	6,	5,	4,	3,	2,	1.
	des Bildes, AO	unendlich,	30,	12,	6,	3,	$^1/_5$.

Was die Größe dieses imaginären Bildes betrifft, so ist die Regel, nach der sie gefunden wird, leicht und allgemein; man hat nur durch die Mitte des Glases (welche ich mit dem Buchstaben C bezeichnet habe) und durch das Ende P des Gegenstandes die gerade Linie CPp zu ziehen; und der Ort, wo sie die auf die Axe des Glases in o errichtete Senkrechte op trifft, gibt die Größe op des imaginären Bildes. Man ersieht daraus, daß das Bild immer größer ist, als der Gegenstand OP selbst, und zwar eben so vielmal, als sein Abstand vom Glase größer ist, als jener des Gegenstandes. Ebenso ersieht man, daß dieses Bild nicht verkehrt ist, wie im vorhergehenden Falle, sondern aufrecht, wie der Gegenstand.

Ew. H. erkennen hieraus, welchen Vortheil jene Personen aus diesen Gläsern ziehen können, deren Auge nahe Gegenstände nicht gut sehen kann, und welche dieselben in großer Entfernung besser unterscheiden; solche Personen dürfen die Gegenstände nur durch Convergläser betrachten, und sie werden dieselben so sehen, als wären sie entfernt. Dieser Fehler, nahe Gegenstände nicht gut sehen zu können, findet sich gewöhnlich bei alten Leuten, welche daher auch Brillen mit zwei Convergläsern gebrauchen, die in der Sonne eben so gut zünden, als ein Brennglas, woraus man eben die Brennweite eines Glases findet. Einige Personen haben Brillen von sehr kurzer Brennweite nöthig, andere bedienen sich solcher mit großer Brennweite, je nach der Sehweite ihres Auges: allein für jetzt genügt es mir, den Nutzen dieser Brillen im Allgemeinen gezeigt zu haben.

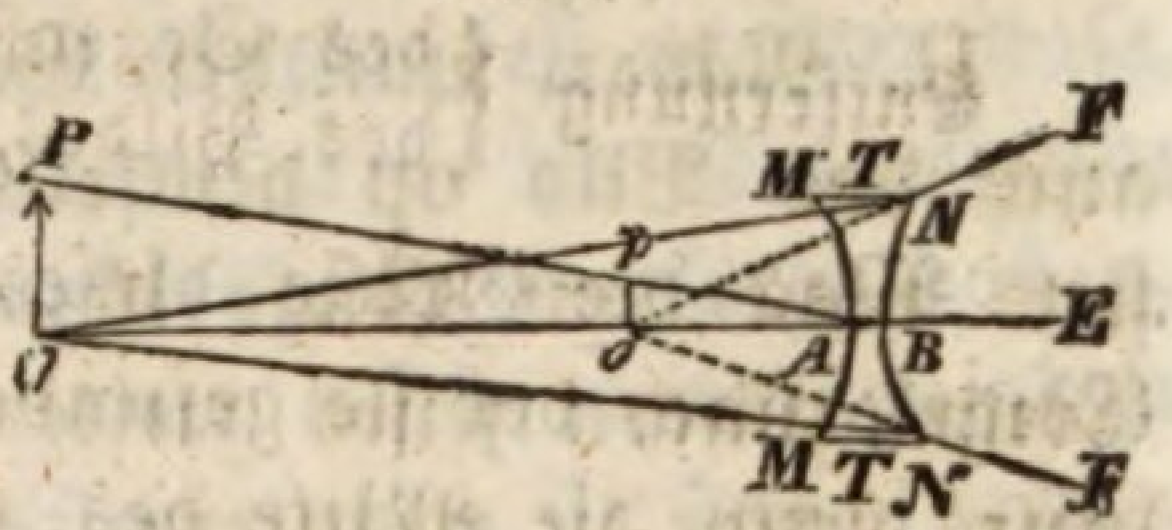
Den 12. Januar 1762.

Fünfundfünfzigster Brief.

Von der Anwendung der Concavgläser, wenn man unmittelbar hindurch sieht.

Ew. H. haben so eben gesehen, wie die Convexgläser das Sehvermögen der Greise unterstützen, indem sie ihnen die Gegenstände in einer größeren Entfernung, als der wirklichen, zeigen; allein es gibt auch Augen, welchen, wenn sie deutlich sehen sollen, die Gegenstände näher vorgestellt werden müssen, und diesen Dienst leisten ihnen die Concavgläser. Dieses leitet mich zur Erklärung der Wirkung der Concavgläser, welche die gerade entgegengesetzte von jener der Convexgläser ist.

Fig. 85.



Wenn der Gegenstand OP (Fig. 85.) sehr weit absteht, und seine Strahlen OM, OM beinahe parallel auf das Concavglas TT fallen, dann werden sie, anstatt durch die Brechung des Glases zusammenlaufend (convergirend) zu werden, im Gegentheile noch mehr auseinanderlaufend (divergirend), indem sie den Richtungen NF, NF folgen, welche, rückwärts verlängert, in dem Punkte o zusammenlaufen; dergestalt, daß ein etwa in E befindliches Auge dieselben so empfängt, als giengen sie von dem Punkte o aus, obgleich sie in der That von O kommen; aus diesem Grunde habe ich in der Figur die geraden Linien No, No punktirt.

Da ich den Gegenstand als unendlich entfernt angenommen habe, so hieße der Punkt o, wenn das Glas convex wäre, der Brennpunkt; da aber in diesem Falle kein wirkliches Zusammenlaufen der Strahlen stattfindet, so heißt dieser Punkt der eingebildete Brennpunkt des Concavglases, einige Schriftsteller nennen ihn auch den Zerstreuungspunkt, weil die durch das Glas gebrochenen Strahlen sich von diesem Punkte aus zu zerstreuen scheinen.

Die Concavgläser haben also nicht, wie die Convexgläser einen wirklichen Brennpunkt, sondern nur einen eingebildeten, dessen Entfernung Ao vom Glase aber dennoch die Brennweite des Glases genannt wird, und nach einer ähnlichen Regel, wie bei den Convexgläsern, dazu dient, die Entfernung des Bildes zu bestimmen, wenn der Gegenstand nicht unendlich entfernt ist. Allein dieses Bild ist immer ein imaginäres, während es bei den Con-

vergläsern nur imaginär wird, wenn die Entfernung des Gegenstandes vom Glase kleiner ist, als die Brennweite. Es genügt indessen die Anführung der folgenden Sätze, ohne daß ich mich auf die Erklärung dieser Regel, welche nur die Berechnung betrifft, einlasse.

I. Wenn der Gegenstand OP unendlich entfernt ist, so erscheint das Bild op in der Brennweite des Concavglases, und zwar auf derselben Seite, wie der Gegenstand. Obgleich nun dieses Bild nur ein imaginäres ist, so wird ein in E befindliches Auge von demselben doch ebenso gerührt, als wäre es ein wirkliches, wie ich dieses Ew. H. schon bei den Convergläsern, für den Fall, daß die Entfernung des Gegenstandes kleiner ist, als die Brennweite des Glases, zu sagen die Ehre hatte.

II. Nähert man den Gegenstand OP dem Glase, so nähert sich auch das Bild op demselben noch mehr, so aber, daß das Bild stets näher am Glase ist, als der Gegenstand; während bei den Convergläsern jenes weiter entfernt seyn kann, als dieser. Um dieses besser zu erläutern, wollen wir annehmen, die Brennweite des Concavglases betrage sechs Zoll. Wenn nun die Entfernung des Glases

unendlich, 30, 12, 6, 3, 2

Zoll ist, so wird die Entfernung oA des Bildes

6, 5, 4, 3, 2, $1\frac{1}{2}$

Zoll betragen.

III. Was die Größe des imaginären Bildes betrifft, so wird sie immer nach derselben Regel bestimmt. Man zieht nämlich durch die Mitte des Glases nach dem Ende P des Gegenstandes eine gerade Linie, welche auch durch das Ende p des Bildes gehen wird; denn weil die Linie PA einen vom Ende des Gegenstandes ausgehenden Lichtstrahl vorstellt, so muß dieser nach der Brechung auch durch das Ende des Bildes gehen; nun aber erleidet der Strahl PA, als durch die Mitte des Glases gehend, keine Brechung: darum muß er selbst durch das Ende des Bildes gehen, welches in p seyn wird.

IV. Dieses Bild ist nicht verkehrt, sondern in derselben Lage, wie der Gegenstand, und man kann sich als allgemeine Regel merken, daß das Bild allemal, wenn es sich auf derselben Seite des Glases befindet, wie der Gegenstand, aufrecht erscheint, das Glas sey convex oder concav; daß aber das Bild verkehrt ist, wenn es

sich auf der entgegengesetzten Seite befindet; dieser Fall kann aber nur bei Convergläsern eintreten.

V. Es ist hieraus klar, daß die durch Concavgläser erhaltenen Bilder immer kleiner sind, als die Gegenstände; der Grund hievon ist einleuchtend, die Bilder sind nämlich stets näher am Glase, als die Gegenstände; man darf nur die Figur ansehen, um sich hiervon zu überzeugen.

Dieses sind die vorzüglichsten Eigenschaften, welche man sich über die Natur der Concavgläser, und die Art, wie sie die Gegenstände darstellen, zu bemerken hat.

Es ist nun leicht zu begreifen, auf welche Weise die Concavgläser, jenen, welche ein kurzes Gesicht haben, große Dienste leisten. Ew. H. kennen wohl Personen, welche nicht lesen oder schreiben können, es sey denn, sie berühren das Papier fast mit der Nase. Sollen solche Leute deutlich sehen, so müssen sie die Gegenstände den Augen nähern, und ich glaube schon früher bemerkt zu haben, daß man sie kurzsichtig (myopes) nenne. Diesen nun werden die Concavgläser vortreffliche Dienste leisten, denn sie stellen ihnen die entferntesten Gegenstände so vor, als befänden sich dieselben sehr nahe, da die Bilder nie weiter, als um die Brennweite von diesen Gläsern abstehen, welche meistens wenige Zolle nicht übersteigt.

Es ist wohl wahr, daß diese Bilder auch viel kleiner sind als die Gegenstände; allein dieses hindert das deutliche Sehen nicht. Ein ganz kleiner aber naher Gegenstand kann uns größer erscheinen, als ein sehr großer Körper, der weit entfernt ist. In der That wird ein Zweidreierstück [1]) Ew. H. größer erscheinen, als ein Stern des Himmels, wenn auch dieser viel größer wäre, als die Erde.

Die Kurzsichtigen also haben Gläser nöthig, welche ihnen die Gegenstände näher vorstellen; und dieses sind die Concavgläser. Allein die Weitsichtigen (presbytes) bedürfen der Convergläser, die ihnen die Gegenstände in größerer Entfernung zeigen.

Den 16. Januar 1762.

Sechsundfünfzigster Brief.

Von der scheinbaren Größe der Gegenstände, dem Sehwinkel und den Mikroskopen überhaupt.

Ich hatte die Ehre Ew. H. von den Kurzsichtigen zu sprechen, welche sich der Concavgläser bedienen müssen, um entfernte Gegen-

---

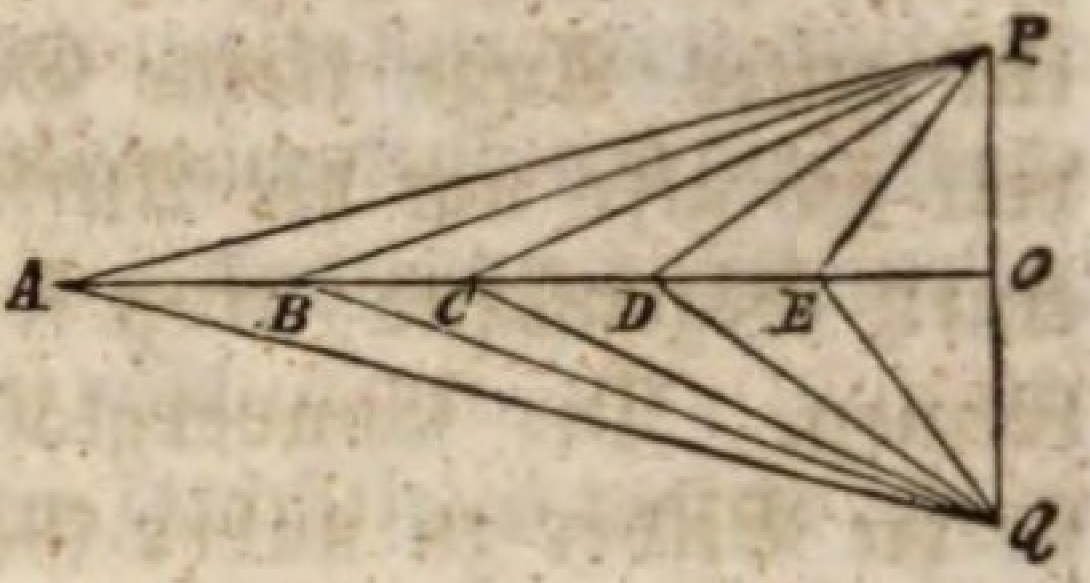
[1]) Kleine Silbermünze, 48 auf einen Thlr., ein wenig größer als der Augenstern.

stände deutlich zu sehen, während die Weitsichtigen Convergläser gebrauchen, wenn sie nahe Gegenstände deutlich erkennen wollen; jedes Sehvermögen hat einen gewissen Umfang, und Jeder wünscht sich ein Glas, welches ihm die Gegenstände deutlich zeigt. Bei den Kurzsichtigen liegen die Gränzen dieses Umfangs sehr nahe bei'm Auge, bei den Weitsichtigen sind sie sehr beträchtlich entfernt; allein es gibt auch so gut gebaute Augen, daß sie nahe und ferne Gegenstände gleich deutlich sehen.

Wie immer aber das Sehvermögen eines Menschen auch beschaffen seyn mag, so darf doch die Entfernung der Gegenstände nicht zu klein seyn; es gibt keinen Kurzsichtigen, der die Gegenstände in einer Entfernung von weniger, als einem Zolle, noch deutlich sehen könnte. Ew. H. werden wohl schon bemerkt haben, daß Sie, wenn Sie Gegenstände sehr nahe an das Auge bringen, dieselben dann nur sehr undeutlich sehen; es hängt dieses von der Einrichtung der Augen ab, welche bei den Menschen der Art ist, daß sie in zu kleiner Entfernung nicht sehen können. Indessen ist es wohl außer Zweifel, daß die Insekten auf sehr kurze Entfernungen deutlich sehen, während sehr entfernte Gegenstände für sie unsichtbar bleiben. Ich glaube nicht, daß eine kleine Fliege die Sterne sehen kann, weil sie sehr gut in der Entfernung von einem Zehntelszoll sieht, wo wir gar nichts mehr sehen. Diese Betrachtung führt mich zur Erklärung der Mikroskope, welche uns die kleinsten Gegenstände so zeigen, als wären dieselben sehr groß. Um aber von denselben einen richtigen Begriff geben zu können, muß man die scheinbare Größe eines Körpers von seiner wirklichen wohl unterscheiden; letztere ist Gegenstand der Geometrie, und bleibt unverändert, so lange der Körper in demselben Zustande verharrt. Die scheinbare Größe aber kann sich in's Unendliche verändern, obgleich der Körper stets derselbe bleibt; so erscheinen uns die Sterne sehr klein, obgleich ihre wirkliche Größe erstaunlich ist. Der Grund hievon liegt darin, daß wir uns sehr weit von denselben entfernt befinden; könnten wir uns ihnen nähern, so würden sie uns auch größer erscheinen. Ew. H. werden daraus leicht entnehmen, daß die scheinbare Größe von dem Winkel abhängt, welchen jene Strahlen mit einander machen, die von den Enden des Gegenstandes in unser Auge kommen.

Es sey POQ (Fig. 86.) der gesehene Gegenstand, welcher, wenn sich das Auge in A befände, uns unter dem Winkel PAQ erscheinen würde, der der Sehwinkel heißt, und uns die scheinbare Größe des

Fig. 86.



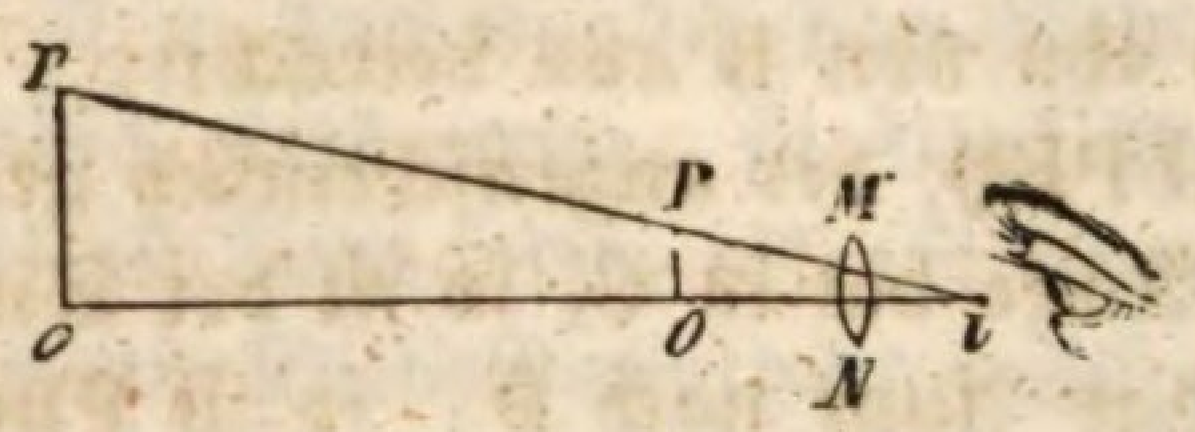
Gegenstandes angibt; es ist hieraus klar, daß dieser Winkel um so kleiner wird, je weiter das Auge sich vom Gegenstande entfernt; auf diese Weise ist es möglich, daß uns die größten Gegenstände unter einem sehr kleinen Sehwinkel erscheinen, wenn wir nur hinlänglich davon entfernt sind, wie dieses bei den Sternen der Fall ist. Wenn sich aber das Auge dem Gegenstande nähert, und ihn von B aus betrachtet, so erscheint er ihm unter dem Sehwinkel PBQ, der augenscheinlich größer ist, als PAQ; nähern wird das Auge bis in C, so ist der Sehwinkel PCQ noch größer; kommt das Auge nach D, so ist PDQ, und in E ist PEQ der stets größere Sehwinkel. Je mehr man also das Auge dem Gegenstande nähert, desto größer wird der Sehwinkel, und desto beträchtlicher auch die scheinbare Größe. Die scheinbare Größe eines Gegenstandes ist daher jeder beliebigen Zunahme fähig, wenn man sich demselben nur so viel nähert, als für einen so großen Sehwinkel erforderlich ist. Eine dem Auge hinlänglich nahe Fliege kann unter einem so großen Sehwinkel erscheinen, als ein Elephant in der Entfernung von zehn Fußen. Bei einer solchen Vergleichung muß man aber die angenommene Entfernung des Elephanten stets genau angeben, denn ohne dieses würde man damit gar nichts sagen, weil uns ein Elephant nur groß erscheint, wenn wir nicht sehr weit von ihm entfernt sind. Schon in der Entfernung von einer Meile kann man vielleicht einen Elephanten von einem Schweine nicht mehr unterscheiden; wäre derselbe aber im Monde, so würde er seiner kleinen scheinbaren Größe wegen nicht mehr gesehen werden können. In dieser Hinsicht kann ich daher wohl sagen, daß mir eine Fliege größer erscheine, als ein Elephant, wenn derselbe sich in einer sehr großen Entfernung befände. Will man sich daher bestimmt ausdrücken, so kann man von der scheinbaren Größe eines Gegenstandes ohne Berücksichtigung seiner Entfernung nicht reden, weil derselbe Körper uns bald sehr groß, und bald sehr klein erscheinen kann, je nachdem seine Entfernung klein oder groß ist. Die Betrachtung kleiner Körper unter sehr großem Sehwinkel scheint daher sehr leicht zu seyn; man braucht dieselben nur in eine sehr kleine Entfernung vom Auge zu bringen.

Eine Fliege könnte dieses Auskunftsmittel leicht anwenden, allein menschliche Augen können in zu kurzer Entfernung nicht mehr

sehen, so kurzsichtig sie auch seyn mögen; außerdem wünscht auch ein gutes Auge kleine Gegenstände recht groß zu sehen. Es handelt sich also um die Auffindung eines Mittels, durch welches wir einen Gegenstand, trotz seiner großen Nähe, dennoch deutlich sehen können. Die Convergläser gewähren uns diesen Vortheil, indem sie die Bilder zu naher Gegenstände weiter entfernen.

Man nehme ein sehr kleines Converglas MN (Fig. 87.), dessen Brennweite auch sehr klein sey, z. B. einen halben Zoll betrage, und bringe vor dasselbe in einer Entfernung von etwas weniger, als einem halben Zoll, den kleinen Gegenstand OP, so wird das Glas von demselben etwa in op, so entfernt als wir wollen, ein Bild machen. Man halte nun das Auge hinter das Glas, und es wird den Gegenstand ebenso sehen, als wäre dieser wirklich in o, also in einer hinreichenden Entfernung, und gerade, wie wenn er die Größe op hätte. Da wir nun angenommen haben, das Auge befinde sich sehr nahe am Glase, so wird pio der Sehwinkel seyn, d. h. er wird derselbe seyn, wie PiO, unter welchem das nackte Auge in dieser Nähe den Gegenstand sehen würde; allein das Sehen ist nun mittels des Glases deutlich geworden. Auf diesem Grundsatze beruht die Einrichtung der Mikroskope.

Fig. 87.



Den 19. Januar 1762.

Siebenundfünfzigster Brief.

Ueber die Schätzung der Vergrößerung durch die Mikroskope.

Wenn mehrere Personen durch ein Mikroskop denselben Gegenstand, wie etwa einen Fliegenfuß, betrachten, so sind sie alle darüber einig, daß sie denselben sehr groß sehen; allein ihr Urtheil über seine scheinbare Größe wird sehr getheilt seyn: der eine meint, daß ihm dieser Fuß so groß erscheine, wie der eines Pferdes; ein anderer vergleicht ihn mit dem Fuße einer Ziege, ein dritter mit dem einer Katze. Allein im Grunde sagt damit keiner irgend etwas Bestimmtes, wenigstens so lange er nicht beisetzt, in welcher Entfernung er sich dabei den Fuß des Pferdes, der Ziege oder der Katze denkt. Jeder von ihnen denkt sich dabei, ohne es zu sagen, eine gewisse Entfernung, und da diese wahrscheinlich bei jedem eine andere ist, so darf man über die Verschiedenheit ihrer Empfindungen nicht erstaunt seyn, da ein in der Ferne gesehener Pferdfuß recht

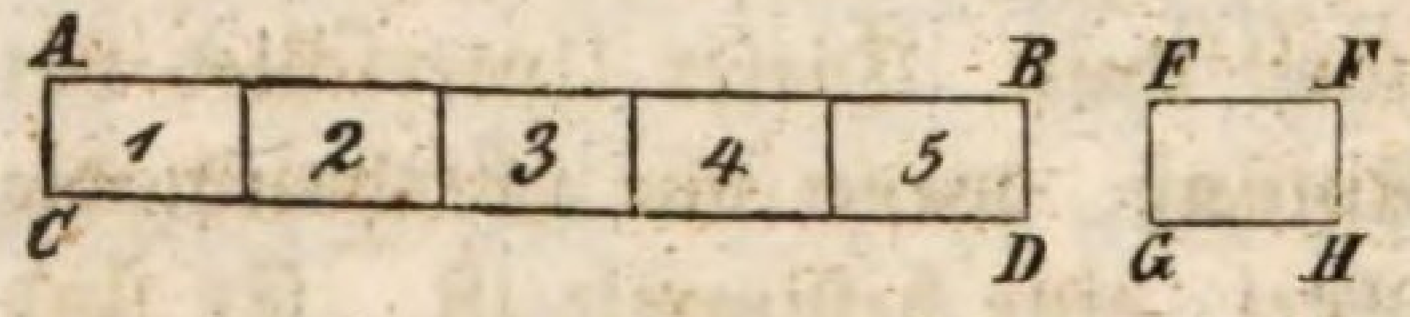
wohl nicht größer erscheinen kann, als ein in der Nähe gesehener Katzenfuß. Handelt es sich daher darum, zu sagen, wie vielmal ein Mikroskop vergrößere, so muß man sich eine bestimmtere Ausdrucksweise angewöhnen, und vor allem die Entfernung erläutern, in welcher man eine Vergleichung machen will.

Es ist übrigens auch unzweckmäßig, die Erscheinungen in einem Mikroskope mit Gegenständen ganz anderer Art, die wir in verschiedenen Entfernungen zu sehen gewohnt sind, zu vergleichen; das sicherste Mittel, diese Schätzung zu regeln, scheint das zu seyn, dessen sich die Schriftsteller über die Mikroskope gegenwärtig bedienen. Sie vergleichen einen durch das Mikroskop gesehenen Gegenstand mit der Größe, unter welcher sie denselben Gegenstand mit bloßen Augen in einer gewissen Entfernung sehen würden; und sie sind dabei der Ansicht, daß man einen solchen kleinen Gegenstand in der Entfernung von acht Zoll sehen müsse, wenn man ihn genau betrachten wolle. Sie richten sich hierin nach gesunden Augen, denn ein Kurzsichtiger wird sich dem Gegenstande viel mehr nähern, ein Weitsichtiger aber das Gegentheil thun. Dieser Unterschied hat übrigens auf das Urtheil keinen Einfluß, wenn nur überhaupt die Entfernung, nach der man sich richtet, eine bestimmte ist. Es sind aber auch keine Gründe vorhanden, die uns nöthigten, eine andere Entfernung als die von acht Zoll hierfür festzusetzen, welche Entfernung von allen über diesen Gegenstand handelnden Schriftstellern angenommen ist. Sagt man demnach, ein Mikroskop vergrößere die Gegenstände 100 Mal, so werden Ew. H. dieses so verstehen, daß durch dieses Mikroskop die Gegenstände 100 Mal so groß erscheinen, als wenn wir sie in der Entfernung von acht Zoll mit nackten Augen betrachten, und sich dadurch von der Wirkung des Instrumentes eine sehr richtige Vorstellung machen. Ueberhaupt vergrößert ein Mikroskop so viel Mal, als der Gegenstand durch dasselbe größer erscheint, als wenn wir ihn ohne das Glas in der Entfernung von acht Zoll betrachten. Ew. H. werden gerne zugeben, daß es schon eine überraschende Wirkung haben muß, einen Gegenstand 100 Mal größer zu sehen, als sich derselbe in einer Entfernung von acht Zoll zeigt; allein man hat die Sache noch viel weiter getrieben und Mikroskope verfertigt, welche bis 500 Mal vergrößern, was zum Erstaunen ist; man kann dann wohl sagen, daß das Bein einer Fliege größer erscheine, als das eines Elephanten. Ich glaube sogar, daß man wohl Mikroskope von 1000, ja 2000maliger Vergrößerung machen könnte, welche uns

gewiß eine Menge von Dingen zeigen würden, die uns bis jetzt noch unbekannt sind.

Wenn man jedoch sagt, daß ein Gegenstand durch das Mikroskop 100 Mal so groß erscheine, als wenn er in acht Zoll Entfernung gesehen wird, so ist dieses so zu verstehen, daß der Gegenstand sowohl in der Länge, als in der Breite und Dicke so viel Mal vergrößert sey, so daß er in jeder Richtung 100 Mal größer erscheint. Man hat sich daher nur in der Entfernung von acht Zoll einen andern dem ersten ähnlichen Gegenstand zu denken, der aber 100 Mal so lang, breit und dick ist, und dieses wird das durch das Mikroskop gesehene Bild seyn. Wenn aber Länge, Breite und Dicke bei einem Gegenstande 100 Mal größer sind, als bei einem andern, so begreifen Ew. H. leicht, daß die ganze Ausdehnung des Gegenstandes viel mehr als 100 Mal größer seyn müsse. Denken wir uns, um dieses vollkommen klar zu machen, zwei Parallelogramme ABCD und EFGH, welche dieselbe Breite haben, von welchen aber die Länge AB, des ersten, fünf Mal so groß ist, als die Länge EF, des zweiten;

Fig. 88.



und es ist klar, daß die Oberfläche, oder der in dem ersten enthaltene Raum fünf Mal so groß ist, als die Oberfläche des zweiten, weil der letztere wirklich fünf Mal im erstern enthalten ist. Soll also das Parallelogramm AD fünf Mal so groß seyn als EH, so ist es genug, wenn nur seine Länge AB fünf Mal so groß ist, als die Länge EF, während die Breite bei beiden dieselbe bleibt; wäre nun auch seine Breite fünf Mal so groß, so wäre es noch fünf Mal, also fünf Mal fünf Mal, d. i. fünfundzwanzig Mal so groß. Von zwei Flächen also, deren eine fünf Mal so lang und fünf Mal so breit ist, als die andere, ist die erstere in der That fünfundzwanzig Mal so groß, als die zweite.

Bringen wir auch noch die Dicke oder die Höhe in Anschlag, so wird die Vergrößerung noch bedeutender. Denken sich Ew. H. zwei Zimmer, von denen das eine fünf Mal so lang, fünf Mal so breit und auch noch fünf Mal so hoch ist, als das andere, so wird sein Raum fünf Mal fünfundzwanzig Mal, d. h. 125 Mal größer seyn. Sagt man also, ein Mikroskop vergrößere 100 Mal, so wird, da man dieses sowohl von der Länge, als der Breite und der Tiefe oder Dicke zu verstehen hat, die ganze Ausdehnung des Gegenstandes 100 Mal 100 Mal 100 Mal

vergrößert seyn; aber 100 Mal 100 gibt 10,000; und nimmt man dieses noch 100 Mal, so gibt es 1,000,000 oder eine Million; vergrößert daher ein Mikroskop 100 Mal, so zeigt es die ganze Ausdehnung des Gegenstandes 1,000,000 Mal so groß. Indessen begnügt man sich zu sagen, das Instrument vergrößere 100 Mal; allein man muß dieses so verstehen, daß der Gegenstand in jeder Richtung, nämlich in der Länge, Breite und Tiefe 100 Mal größer vorgestellt wird. Würde demnach ein Mikroskop 1000 Mal vergrößern, so würde die ganze Ausdehnung des Gegenstandes 1000 Mal 1000 Mal 1000 Mal größer, was 1,000,000,000 oder tausend Millionen gibt, und eine erstaunliche Wirkung wäre. Diese Bemerkung war sehr nothwendig, um sich von dem, was man von der Kraft der Mikroskope sagt, eine richtige Vorstellung machen zu können.

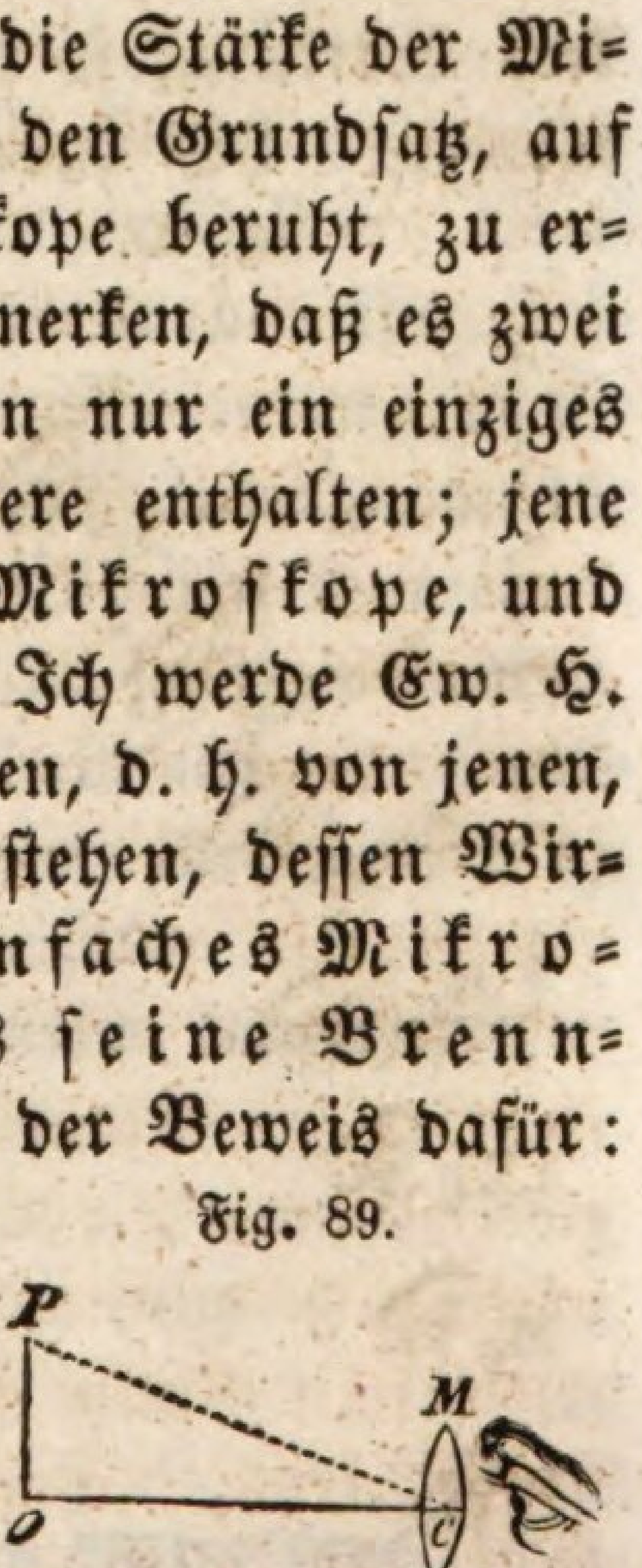
Den 23. Januar 1762.

Achtundfünfzigster Brief.

Grundgesetz für die Construction einfacher Mikroskope und Berechnung von einigen solchen.

Nachdem Ew. H. bereits wissen, wie man die Stärke der Mikroskope beurtheilt, so wird es mir leicht seyn, den Grundsatz, auf welchem die Verfertigung der einfachen Mikroskope beruht, zu erklären; denn bei dieser Gelegenheit muß ich bemerken, daß es zwei Arten von Mikroskopen gibt, wovon die einen nur ein einziges Glas, die andern aber deren zwei oder mehrere enthalten; jene heißen *einfache*, diese *zusammengesetzte Mikroskope*, und letztere verlangen eine besondere Erklärung. Ich werde Ew. H. zuerst von den einfachen Mikroskopen unterhalten, d. h. von jenen, welche nur aus einem einzigen Converglase bestehen, dessen Wirkung durch den Satz bezeichnet wird: *Ein einfaches Mikroskop vergrößert eben so vielmal, als seine Brennweite kleiner ist als 8 Zoll.* Hier ist der Beweis dafür:

Fig. 89.



Es sey MN (Fig. 89.) ein solches Glas und CO dessen Brennweite, in welche der Gegenstand ohngefähr gebracht werden muß, wenn ihn das Auge deutlich sehen soll; das Auge wird ihn aber unter dem Winkel OCP sehen. Betrachtete man nun denselben Gegenstand in einer Entfernung von 8 Zoll, so würde derselbe unter einem eben

so vielmal kleinern Winkel erscheinen, als 8 Zoll größer sind als CO, und der Gegenstand wird daher durch das Glas auch eben so vielmal größer gesehen, als wenn man ihn in der Entfernung von 8 Zoll betrachtete.

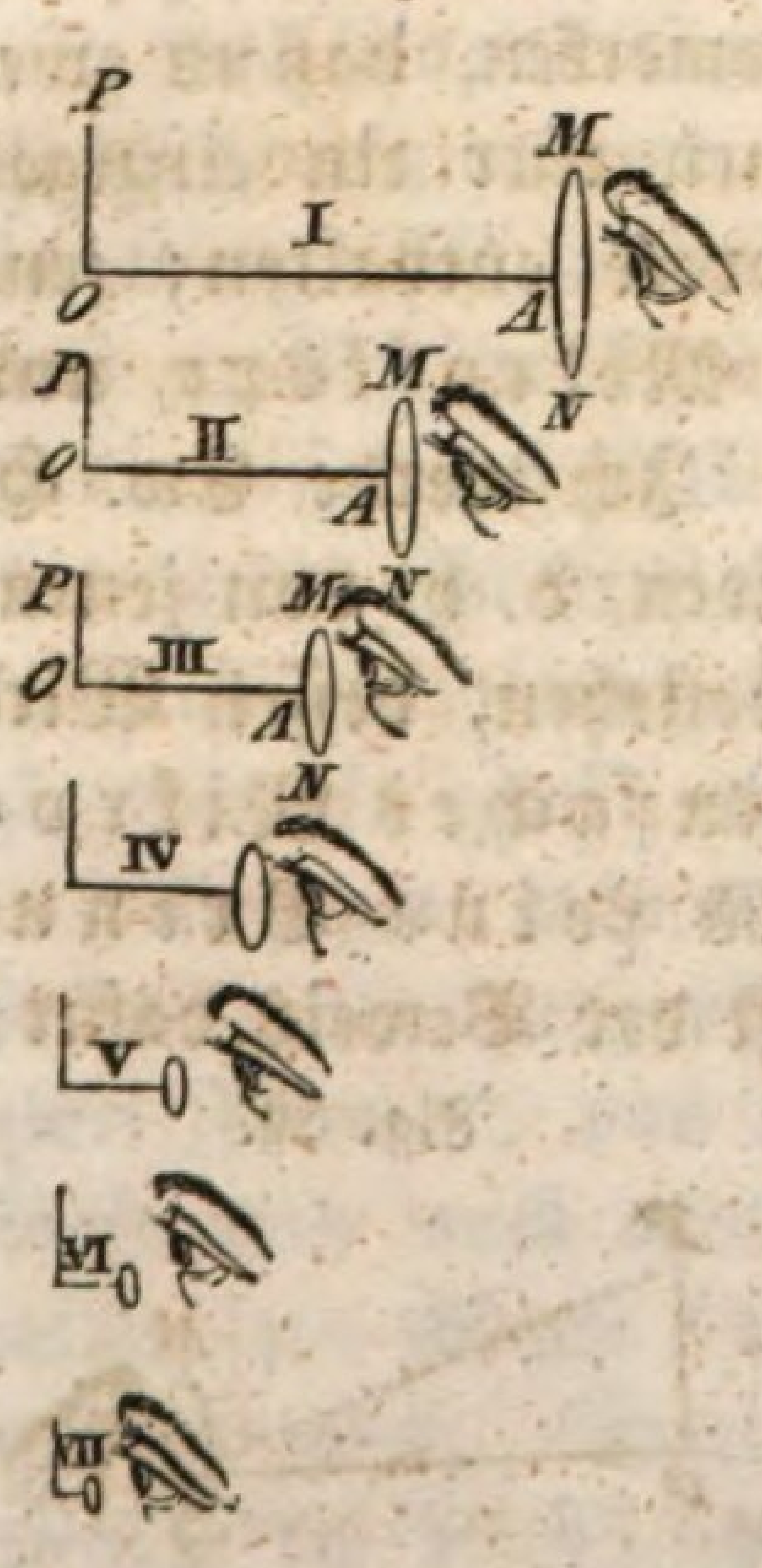
Nach der früher aufgestellten Regel vergrößert aber ein Mikroskop eben so vielmal, als es uns die Gegenstände größer zeigt, als wenn wir sie in 8 Zoll Entfernung sehen würden; folglich vergrößert ein Mikroskop so vielmal als seine Brennweite kleiner ist als 8 Zoll.

Ein Glas also, dessen Brennweite einen Zoll beträgt, vergrößert genau achtmal und eines von einem halben Zoll Brennweite sechzehnmal. Der Zoll wird in 12 Theile getheilt, welche Linien heißen, so daß ein halber Zoll 6 Linien hat; es wird demnach leicht seyn, nach der folgenden Tafel anzugeben, wie vielmal ein Glas vergrößert, dessen Brennweite in Linien gegeben ist,

Brennweite des Glases	12,	8,	6,	4,	3,	2,	1,	$^1/_2$	Linien;
das Glas vergrößert	8,	12,	16,	24,	32,	48,	96,	192	Mal.

Ein Converglas von einer Linie Brennweite vergrößert demnach 96 Mal, und bei einer halben Linie Brennweite vergrößert das Mikroskop 192 oder ohngefähr 200 Mal. Wollte man noch stärkere Wirkung, so müßte man Gläser von noch kürzerer Brennweite machen. Ich habe übrigens schon angeführt, daß man, um ein Glas von gegebener Brennweite zu machen, nur den Halbmesser einer jeden Seite der Brennweite gleich zu nehmen habe, so daß also das Glas beiderseits gleich stark conver wird. Ich werde nun Ew. H. die Zeichnungen einiger solcher Gläser oder Mikroskope vorlegen.

Fig. 90.



I. die Brennweite des Glases MN (Fig. 90.) beträgt einen Zoll, oder 12 Linien; dieses Mikroskop vergrößert also acht Mal.

II. Die Brennweite des Glases MN beträgt 8 Linien: das Mikroskop vergrößert 12 Mal.

III. Die Brennweite des Glases MN beträgt 6 Linien: das Mikroskop vergrößert 16 Mal.

IV. Die Brennweite des Glases ist 4 Linien: das Mikroskop vergrößert 24 Mal.

V. Die Brennweite des Glases ist 3 Linien: das Mikroskop vergrößert 32 Mal.

VI. Die Brennweite des Glases ist 2 Linien: das Mikroskop vergrößert 48 Mal.

VII. Die Brennweite des Glases beträgt nur eine Linie: das Mikroskop vergrößert 96 Mal.

Man kann noch viel kleinere Mikroskope machen. Die Künstler verfertigen solche und verschaffen uns dadurch viel beträchtlichere Wirkungen. Man muß übrigens wohl bemerken, daß die Entfernung des Gegenstandes zum Glase hiebei stets kleiner wird, weil sie der Brennweite des Glases ohngefähr gleich seyn muß. Ich sage ohngefähr, weil jedes Auge nach seiner Beschaffenheit das Glas dem Gegenstande doch um etwas mehr oder weniger nähert, und zwar die Kurzsichtigen mehr, die Weitsichtigen weniger. Ew. H. ersehen hieraus, daß, je größer die Wirkung ist, desto kleiner das Glas oder das Mikroskop wird, und desto mehr der Gegenstand genähert werden muß; dieses ist einerseits darum ein großer Uebelstand, weil es unbequem ist, durch ein so kleines Glas zu sehen, und andererseits, weil der Gegenstand so nahe beim Auge aufgestellt werden muß. Man sucht diesem Uebelstande durch eine zweckmäßige, die Handhabung erleichternde Fassung abzuhelfen; allein das Sehen wird bedeutend gestört, so bald die Entfernung des Gegenstandes auch nur die mindeste Veränderung erleidet. Weil ferner bei den ganz kleinen Gläsern der Gegenstand dieselben beinahe berühren muß, so sieht man denselben nur undeutlich, sobald seine Oberfläche auch nur um Weniges uneben ist; denn wenn die Erhabenheiten die richtige Stellung haben, so sind die Vertiefungen zu weit entfernt, können also nur sehr unklar gesehen werden. Das ist der Hauptgrund, der uns nöthigt, sobald man stark vergrößernde Instrumente wünscht, auf die einfachen Mikroskope zu verzichten, und zu den zusammengesetzten zu greifen.

Den 26. Januar 1762.

Neunundfünfzigster Brief.

Ueber die Gränzen und Mängel der einfachen Mikroskope.

Ew. H. haben so eben gesehen, auf welche Weise einfache Mikroskope zu verfertigen sind, die die gewünschte Vergrößerung geben.

Fig. 91.

Man braucht nämlich nur eine Linie AB (Fig. 91.) von genau 8 rheinländischen Zollen, wie sie in Deutschland üblich sind, anzunehmen und sie in eben so viele Theile zu theilen, als man den Gegenstand vergrößern will; einer dieser Theile gibt die Brennweite des verlangten Glases. Will man demnach hundertmalige Vergrößerung, so ist das Theilchen A1 der hundertste Theil der Linie AB, und man muß also ein Glas verfertigen, dessen Brennweite genau dem Theile A1 gleich ist; es gibt dieses den Halbmesser der Flächen des unter Nr. VII. Fig. 90. dargestellten Glases.

Ew. H. ersehen hieraus, daß das Glas und ebenso auch die Brennweite um so kleiner werden muß, je größer die Wirkung ist; und in die Brennweite muß man den Gegenstand OP vor das Glas bringen, während man das Auge hinter dasselbe hält. Wollte man, um eine zweihundertmalige Vergrößerung zu erhalten, das Glas noch einmal so klein machen, als ich es gezeichnet habe, so würde dasselbe so klein werden, daß man beinahe eines Mikroskopes bedürfte, um nur das Glas selbst zu sehen; auch müßte man sich dem Glase so sehr nähern, daß man dasselbe fast berührte. Es ist dieses, wie ich bereits zu bemerken die Ehre hatte, eine sehr große Unbequemlichkeit, so daß man die Wirkung eines Mikroskops kaum über zweihundert Mal treiben kann, was doch noch nicht zureicht, um die kleinen Dinge sehen zu können, welche die Natur enthält. Das klarste Wasser enthält kleine Thierchen, welche auch bei zweihundertfacher Vergrößerung doch nicht größer als Flöhe erscheinen, und man müßte Mikroskope haben, welche zwanzigtausend Mal vergrößerten, wollte man dieselben so groß als eine Ratte sehen. Allein diesen Grad erreicht man bei Weitem nicht, selbst nicht mit zusammengesetzten Mikroskopen.

Außer den erwähnten Uebelständen, an welchen die einfachen Mikroskope leiden, wenn man starke Wirkung verlangt, beklagen alle jene, die sich derselben bedienen, noch einen andern nicht weniger lästigen, der darin besteht, daß die Gegenstände um so dunkler werden, je mehr man dieselben vergrößert; es scheint als sehe man dieselben bei dem Schimmer eines sehr schwachen Lichtes, oder beim Mondschein, so daß man fast Nichts unterscheiden kann. Darüber werden Ew. H. nicht erstaunt seyn, wenn Sie sich erinnern wollen, daß das Licht des Vollmonds über zweimalhunderttausend Mal schwächer ist, als das Sonnenlicht. Die Erklärung, woher diese

Verminderung des Lichtes kommt, ist daher sehr richtig. Man begreift wohl, daß, wenn die Strahlen, welche von einem sehr kleinen Gegenstande kommen, uns denselben als sehr groß darstellen sollen, diese kleine Lichtmenge nicht zureichend seyn kann; so begründet auch diese Erklärung scheint, so ist sie dennoch nicht richtig. Denn wenn das Glas bei stärkerer Vergrößerung nothwendig eine Verminderung der Helligkeit herbeiführen müßte, so müßte man dieses auch bei schwächern Wirkungen bemerken, selbst vorausgesetzt, daß es dann nur in weniger hohem Grade stattfinden würde; allein man kann die Vergrößerung bis fünfzigmal treiben, ohne daß man die mindeste Schwächung des Lichtes bemerkt, und doch müßte dasselbe fünfzigmal schwächer seyn, wenn der angeführte Grund der richtige wäre. Man muß daher die Ursache dieser Erscheinung anderswo suchen, und hiefür selbst bis zu den ersten Grundgesetzen des Sehens zurück gehen.

Ew. H. mögen bei dieser Gelegenheit geruhen, sich dessen zu erinnern, was ich über die Wirkung der Pupille, oder jener schwarzen Oeffnung, die man mitten in der Iris im Auge sieht, zu sagen die Ehre hatte. Durch diese Oeffnung treten nämlich die Lichtstrahlen in das Auge, und je größer dieselbe daher ist, desto mehr Strahlen können in dasselbe eintreten. Man muß hiebei zwei Fälle unterscheiden; jenen, wo die Gegenstände sehr lichtvoll und glänzend sind, und jenen, wo sie nur durch sehr schwaches Licht erhellt werden. Im ersten Falle verengert sich ohne Zuthun unseres Willens die Pupille von selbst, und der Schöpfer hat sie mit diesem Vermögen ausgestattet, um das Innere des Auges gegen zu großen Lichtglanz zu schützen, welcher unfehlbar die Nerven verletzen würde. Allemal, wenn man sich an einem sehr hellen Ort befindet, sieht man daher sämmtliche Pupillen sich zusammenziehen, um nur so viele Strahlen in das Auge zu lassen, als zur Darstellung eines hinlänglich hellen Bildes erforderlich sind. Das Gegentheil aber erfolgt, wenn man sich an einem dunkeln Orte befindet; dann erweitert sich die Pupille, um eine größere Lichtmenge aufzunehmen. Man kann diese Veränderung allemal sehr leicht beobachten, wenn man sich aus einem dunkeln in einen stark erhellten Raum begibt. Für die Frage, um die es sich hier handelt, beschränke ich mich auf den Umstand, daß das Bild auf der Netzhaut um so lichtvoller wird, je mehr Strahlen in das Auge treten; und daß umgekehrt, je geringer die Menge der in das Auge tretenden Strahlen ist, desto schwächer auch das Bild wird und

folglich auch desto dunkler erscheint. Allein es kann der Fall eintreten, daß auch bei weitgeöffneter Pupille doch nur sehr wenig Licht in das Auge kommt: man mache nur mit einer Stecknadel ein kleines Loch in Kartenpapier und betrachte dadurch irgend einen Gegenstand; er wird um so dunkler erscheinen, je kleiner das Loch ist, so erhellt er übrigens auch sonst durch die Sonne seyn mag; man kann durch ein solches Loch die Sonne selbst betrachten. Der Grund hievon ist einleuchtend, es treten eben nur wenige Strahlen in das Auge. So weit die Pupille auch geöffnet seyn mag, so bestimmt doch nur das Loch im Papier die *Menge der in* das Auge kommenden Strahlen, und nicht die Pupille, welche allerdings gewöhnlich diesen Dienst zu leisten hat.

Dasselbe ereignet sich bei stark vergrößernden Mikroskopen; denn wenn das Glas sehr klein ist, so geht auch nur eine sehr kleine Menge von Lichtstrahlen, wie mn Fig. 92. hindurch, und da dieselbe kleiner ist, als die Oeffnung der Pupille, so muß auch der Gegenstand in demselben Verhältnisse dunkler erscheinen. Man ersieht hieraus, daß diese Verminderung des Lichtes nur dann eintritt, wenn das Glas MN, oder vielmehr sein unbedeckter Theil, kleiner ist als die Pupille. Könnte man durch ein größeres Glas eine starke Vergrößerung hervorbringen, so würde diese Verdunklung nicht eintreten. Dieses ist die richtige Erklärung der vorliegenden Frage. Um aber dem erwähnten Uebelstande bei starken Vergrößerungen des Mikroskopes abzuhelfen, sucht man die Gegenstände so viel als möglich zu erleuchten, damit die wenigen in das Auge kommenden Strahlen um so stärker seyen. Man beleuchtet zu dem Ende die Gegenstände durch die Sonne, und wendet auch Spiegel an, die das Sonnenlicht darauf werfen.

Fig. 92.

Das sind ungefähr alle Umstände, die man bei einfachen Mikroskopen zu berücksichtigen hat, und Ew. H. werden danach die Wirkung aller, die Sie zu sehen Gelegenheit haben, leicht beurtheilen können.

Den 30. Januar 1762.

Sechszigster Brief.

Ueber die Teleskope und ihre Wirkung.

Es wird Ew. H., wie ich hoffe, nicht mißfällig seyn, wenn ich vor der Erläuterung des Baues zusammengesetzter Mikroskope eine

Abschweifung mache, um die Fernröhre oder Teleskope zu erklären. Es sind nämlich diese beiden Arten von Instrumenten innig mit einander verbunden: eines trägt zum bessern Verständniß des andern bei. So wie die Mikroskope zur Betrachtung naher Gegenstände dienen, indem sie uns dieselben unter einem viel größern Winkel zeigen, als wenn wir sie in einer gewissen Entfernung, wie in der von 8 Zoll, besichtigten, so sind die Fernröhren zur Betrachtung sehr entfernter Gegenstände bestimmt, indem sie uns dieselben wieder unter einem größern Winkel zeigen, als sie dem bloßen Auge erscheinen. Diese letztern führen je nach ihrer Größe und Bestimmung verschiedene Namen; die kleinsten heißen Taschenfernröhren, andere größere geradezu Fernröhren; jene, welche die Astronomen gebrauchen, führen den Namen Tubus; alle aber führen den gemeinschaftlichen Namen Teleskope[1]. Sie sind also solche Instrumente, welche uns sehr entfernte Gegenstände unter einem größern Winkel zeigen, als dieselben dem nackten Auge erscheinen würden; diese Bezeichnung ist hier sehr richtig und enthält nichts Willkürliches wie bei den Mikroskopen, deren Wirkung auf eine gewisse willkührlich angenommene Entfernung bezogen wird, die man gewöhnlich zu 8 Zoll annimmt.

Wenn es sich nämlich um sehr entfernte Gegenstände handelt, deren Abstand für unser Sehvermögen sehr groß ist, so bezieht man die Wirkung des Instruments sehr natürlich auf denselben Abstand; und ein Teleskop vergrößert so vielmal, als es uns den Gegenstand unter einem größern Winkel zeigt, als das bloße Auge. So erscheint z. B. der Mond dem bloßen Auge unter einem Winkel von einem halben Grade; ein Fernrohr vergrößert folglich hundertmal, wenn es uns den Mond unter einem Winkel von 50° zeigt, der hundertmal größer ist als ein halber Grad; vergrößerte dasselbe zweihundertmal, so würden wir den Mond unter einem Winkel von 100° sehen, und er würde mehr als die Hälfte des sichtbaren Himmels einnehmen, dessen ganze Ausdehnung nur 180° beträgt.

Gewöhnlich sagt man, die Teleskope brächten uns die Gegen-

[1] Physiker und Astronomen nennen jetzt gewöhnlich nur solche Fernröhren Teleskope, bei welchen die Bilder entfernter Gegenstände durch gekrümmte Spiegel hervorgebracht werden (siehe oben Brief vierundvierzig und weiter unten Brief fünfundsiebenzig); das Wort Tubus aber wird nur noch im gewöhnlichen Leben mitunter als gleichbedeutend mit astronomischem Fernrohr gebraucht.

stände näher, was aber ein unbestimmter Ausdruck ist, der zwei verschiedene Bedeutungen zuläßt. Die eine ist die, daß wir beim Sehen durch ein Teleskop uns die Gegenstände so vielmal näher glauben, als dasselbe vergrößert. Allein ich hatte schon die Ehre, Ew. H. zu bemerken, daß wir die Entfernung der Gegenstände nur durch unseren Verstand beurtheilen, und daß dieses Urtheil nur bei wenig entfernten Gegenständen Platz finden könne; sind *also* die Gegenstände sehr entfernt, wie wir hier voraussetzen, so würde der Schluß möglicherweise sehr täuschen können. Die *andere* Bedeutung entspricht der Wahrheit mehr, wenn wir nämlich *die Sache* so verstehen, daß die Teleskope uns die Gegenstände so groß zeigen, als wir sie sehen würden, wenn wir uns denselben mehr näherten; denn Ew. H. wissen, daß der Winkel, unter welchem ein Gegenstand gesehen wird, um so größer wird, je mehr man sich dem Gegenstand nähert; und so kommt die letztere Erklärung auf jene zurück, welche ich zu Anfang gegeben habe. Wenn man indessen sehr bekannte Gegenstände betrachtet, wie etwa Menschen in großer Entfernung, und man sieht dieselben durch das Fernrohr unter einem viel größern Winkel, so ist man verleitet, sich einzubilden, diese Menschen seyen uns wirklich viel näher, weil man sie in der That unter einem eben so vielmal größern Winkel sieht. Allein wenn es sich um wenig bekannte Gegenstände handelt, wie um die Sonne oder den Mond, dann ist gar keine Schätzung der Entfernung möglich. Es ist hier ein ganz verschiedener Fall von jenem, welchen ich mit Ew. H. schon zu besprechen die Ehre hatte, wo nämlich ein Concavglas, dessen sich die Kurzsichtigen bedienen, die Bilder der Gegenstände in sehr kleiner Entfernung darstellt; das Concavglas z. B., dessen ich mich bediene, zeigt die Bilder aller entfernten Gegenstände in einem Abstand von 4 Zoll; dennoch bilde ich mir nicht ein, daß die Sonne, der Mond und die Sterne so nahe bei mir seyen. Wir denken uns also die Gegenstände keineswegs dort, wo sich die durch Gläser gemachten Bilder derselben befinden; es findet dieses ebenso wenig statt, als wir uns die Gegenstände in unsern Augen befindlich denken, obgleich sich ihre Bilder daselbst befinden. Ew. H. werden sich erinnern, daß unser Urtheil über die wirkliche Entfernung der Gegenstände, so wie über ihre wirkliche Größe, von ganz besondern Umständen abhängt.

Der Hauptzweck der Teleskope besteht also darin, den Winkel zu vergrößern oder zu vervielfachen, unter welchem die Gegenstände dem bloßen Auge erscheinen, und danach richtet sich die Haupt-

unterscheidung der Teleskope, nämlich je nach der Wirkung, die sie hervorbringen; so sagt man, dieses Teleskop vergrößert fünfmal, ein anderes zehnmal, ein anderes zwanzig-, dreißigmal. Hiezu bemerke ich, daß Taschenfernröhren selten mehr als zehnmal vergrößern; aber die gewöhnlichen Fernröhren, deren man sich bedient, um irdische sehr entfernte Gegenstände zu betrachten, vergrößern von zwanzig- bis dreißigmal, und ihre Länge steigt dabei bis auf 6 Fuß und darüber. Eine solche Wirkung, wenn schon beträchtlich für irdische Gegenstände, will jedoch für die Himmelskörper noch nicht viel heißen, denn diese erfordern viel mehr. Man hat daher astronomische Fernröhren oder Tubus, welche von fünfzig- bis zweihundertmal vergrößern; es scheint schwierig, hierin noch weiter zu gehen, weil nach der gewöhnlichen Einrichtung derselben ihre Länge in demselben Verhältnisse wächst, wie ihre Wirkung. Ein astronomisches Fernrohr von hundertfacher Vergrößerung ist schon 30 Fuß lang, und ein hundertfußiges kann noch kaum eine zweihundertmalige Vergrößerung geben. Ew. H. ersehen daraus, daß die Schwierigkeit, solche Maschinen zu richten und zu handhaben, der weitern Verstärkung unüberwindliche Hindernisse entgegensetzt. Der berühmte Hevelius, Astronom zu Danzig, bediente sich zweihundertfußiger Fernröhren; allein diese Instrumente müssen sehr mangelhaft gewesen seyn, weil man heutzutage dieselben Gegenstände durch viel kürzere erkennen kann.

Das wäre nun die Beschreibung der Teleskope und ihrer verschiedenen Arten im Allgemeinen, und man muß sich dieselbe wohl bemerken, bevor man in das Einzelne ihres Baues und die Art eingeht, wie man in denselben zwei oder mehrere Gläser verbindet, um die verschiedenen Wirkungen hervorzubringen. Den 2. Febr. 1762.

Einundsechszigster Brief.

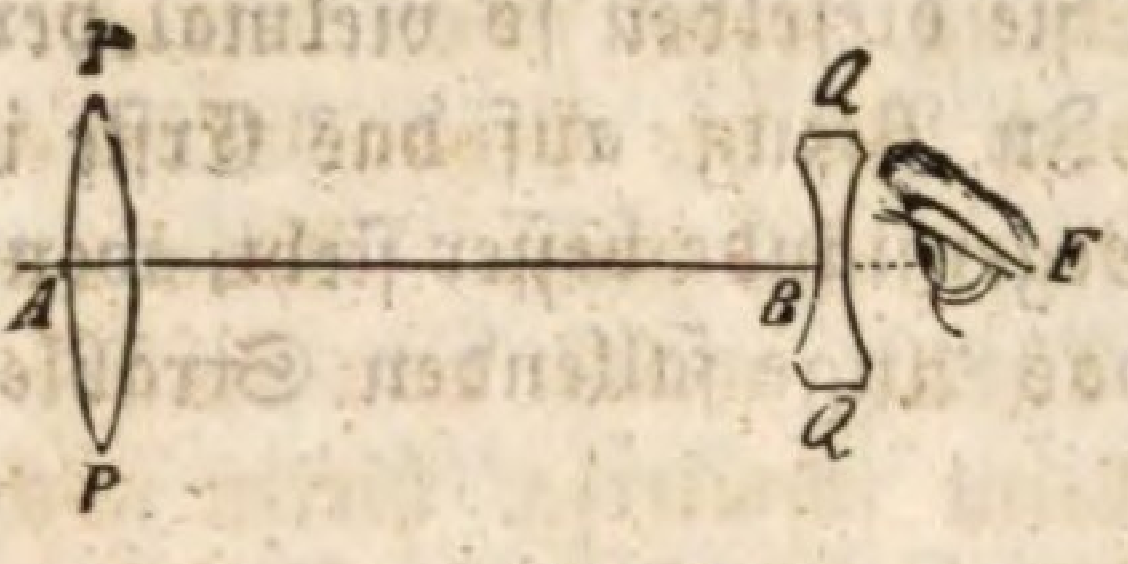
Von den Taschenfernröhren.

Man weiß nicht genau, wem wir die Entdeckung der Fernröhren zu danken haben, ob einem holländischen Künstler, oder einem Italiener Namens Porta[1]. Wie dem nun auch sey, so sind es

[1] Es scheint gewiß, daß Zacharias Jansen, ein Brillenmacher aus Middelburg, um 1600 durch Zufall das Fernrohr erfand und ein solches dem Prinzen Moriz von Nassau überreichte. Nach ihm erst verfertigte auch Johann Lippersheim (Laprey), ebenfalls ein Brillenmacher

doch erst etwa 150 Jahre, seit man anfing, kleine Taschenfernröhren aus zwei Gläsern zu verfertigen, deren eines convex, das andere concav war. Es scheint, man hat diese nützliche Entdeckung dem reinen Zufalle zu danken; man konnte ja, ohne alle Absicht, zwei Gläser so lange in größere oder kleinere Entfernung zu bringen, bis die Gegenstände zufällig dadurch deutlich gesehen wurden.

Fig. 93.



Das Converglas PAP (Fig. 93.) wird dem Gegenstande zugewendet, und hinter das Concavglas QBQ *hält man* das Auge, darum heißt auch *das Glas* PAP das Objectiv und QBQ das Ocular. Diese beiden Gläser haben die Axe AB, welche zu jedem derselben senkrecht ist und durch ihre Mitte geht, gemeinschaftlich. Das Converglas PAP muß eine größere Brennweite haben, als das Concavglas. Die Gläser müssen so angeordnet werden, daß wenn AF die Brennweite des Objectivs PAP ist, der Brennpunkt des Oculars QBQ ebenfalls in den Punkt F fällt, und also der Abstand AB der Gläser von einander dem Unterschiede ihrer Brennweiten gleich ist, indem AF die Brennweite des Objectivs, BF aber jene des Oculars ist. Wenn die Gläser so gestellt sind, so werden Personen mit guten Augen entfernte Gegenstände sehr deutlich sehen, und sie werden ihnen eben so vielmal größer erscheinen, als AF größer ist, als BF. Nimmt man demnach die Brennweite des Objectivs zu 6, jene des Oculars zu 1 Zoll, so werden die Gegenstände sechsmal vergrößert seyn, oder unter einem sechsmal größern Winkel erscheinen, als dem bloßen Auge; und in diesem Falle werden also die Gläser A und B um 5 Zoll von einander stehen, was zugleich die Länge des

---

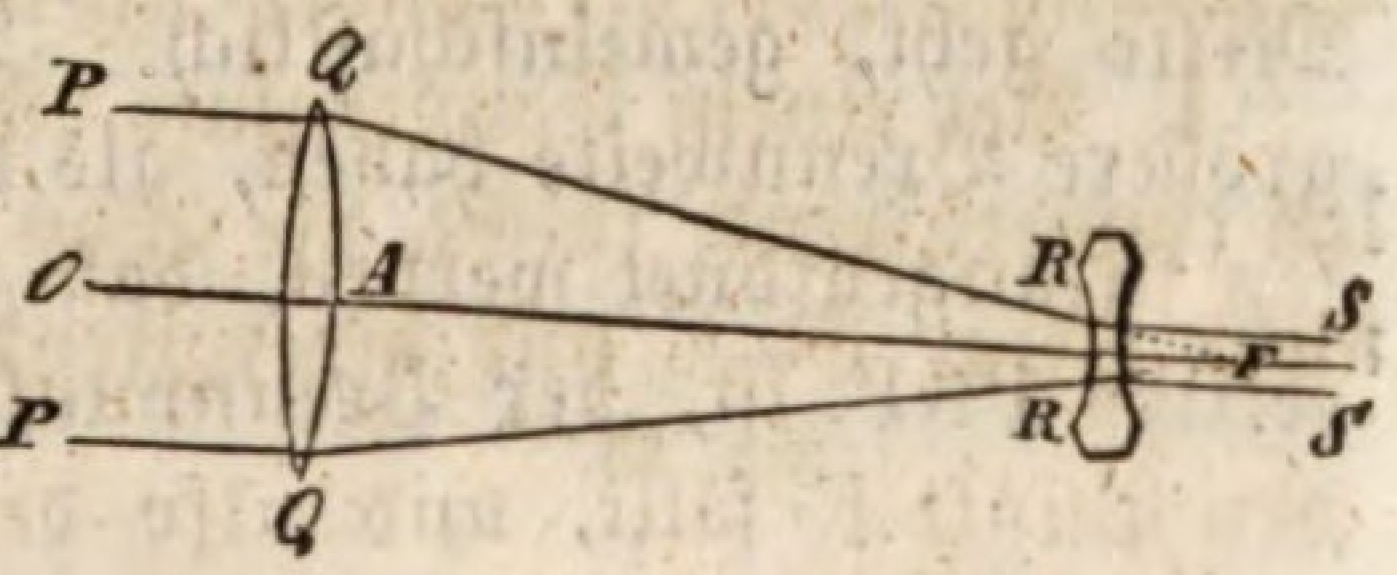
aus Middelburg, Fernröhren, und durch ihn wurden sie hauptsächlich verbreitet. Auch Jakob Metius aus Alkmar, den Descartes für den Erfinder hält, kam erst nachher auf die Verfertigung derselben. Porta's Ansprüche scheinen sehr wenig begründet zu seyn. Im Anfange des Jahres 1609 verbreitete sich die Nachricht in Italien, daß man dem Prinzen Moriz ein Instrument überreicht habe, womit entfernte Gegenstände deutlich gesehen werden könnten. Galilei, der davon hörte, kam durch Nachdenken auf die Construction und verfertigte alsbald ebenfalls ein solches Instrument. Später vervollkommnete er dasselbe und brachte es bis zu dreiunddreißigmaliger Vergrößerung, während die holländischen nicht über fünfmal gingen.

Keppler gab zuerst die richtige Erklärung und erfand das astronomische Fernrohr, wovon in den folgenden Briefen die Rede ist.

Fernrohrs gibt. Ew. H. wissen wohl, auch ohne daß ich es sage, daß diese beiden Gläser in eine eben so lange Röhre eingefügt sind, obgleich ich dieselbe in der Figur nicht angegeben habe.

Nachdem ich nun erklärt habe, auf welche Weise die beiden Gläser verbunden werden müssen, wenn es ein gutes Instrument geben soll, so habe ich Ew. H. noch zwei Dinge auseinander zu setzen; nämlich erstens, warum uns diese Gläser die Gegenstände deutlich zeigen, und zweitens, warum sie dieselben so vielmal vergrößern als AF größer ist, als BF. In Bezug auf das Erste ist zu bemerken, daß ein gutes Auge die Gegenstände besser sieht, wenn sie so entfernt sind, daß man die in das Auge fallenden Strahlen als parallel ansehen kann.

Fig. 94.



Betrachten wir nun einen Punkt V (Fig. 94.) des Gegenstandes, gegen welchen das Fernrohr gerichtet ist; da wir denselben als sehr entfernt annehmen, so werden die von ihm auf das Objectiv fallenden Strahlen PQ, OA, PQ unter sich beinahe parallel seyn, und durch das Objectiv, als durch ein Converglas, in seinem Brennpunkte F vereinigt werden; sie werden demnach, weil sie convergirend sind, einem guten Auge nicht entsprechen. Allein das Concavglas B hat als solches das Vermögen, die Strahlen divergirender zu machen, oder ihre Convergenz zu vermindern; es wird daher die Strahlen QR und QR so brechen, daß dieselben unter sich parallel werden; oder sie werden, anstatt sich in F zu vereinigen, die mit der Axe BF parallelen Richtungen RS, RS annehmen. Ein gutes Auge — und nach solchen richtet man sich immer bei der Construction dieser Fernröhren — wird daher durch die parallelen Strahlen RS, BF, RS die Gegenstände deutlich sehen. Der Grund aber, warum die Strahlen RS, RS genau unter sich parallel werden, liegt darin, daß das Concavglas seinen Brennpunkt, oder vielmehr seinen Zerstreuungspunkt in F hat.

Ew. H. dürfen sich nur erinnern, daß parallele Strahlen, wenn sie auf ein Converglas fallen, durch die Brechung divergirend werden, so zwar, daß dieselben, rückwärts verlängert, sich im Brennpunkt vereinigen. Dieses gesetzt, so dürfen wir nur den Fall umkehren und die Strahlen SR, SR als auf das Concavglas fallend, ansehen, und es ist ausgemacht, daß sie die Richtungen RQ, RQ ein-

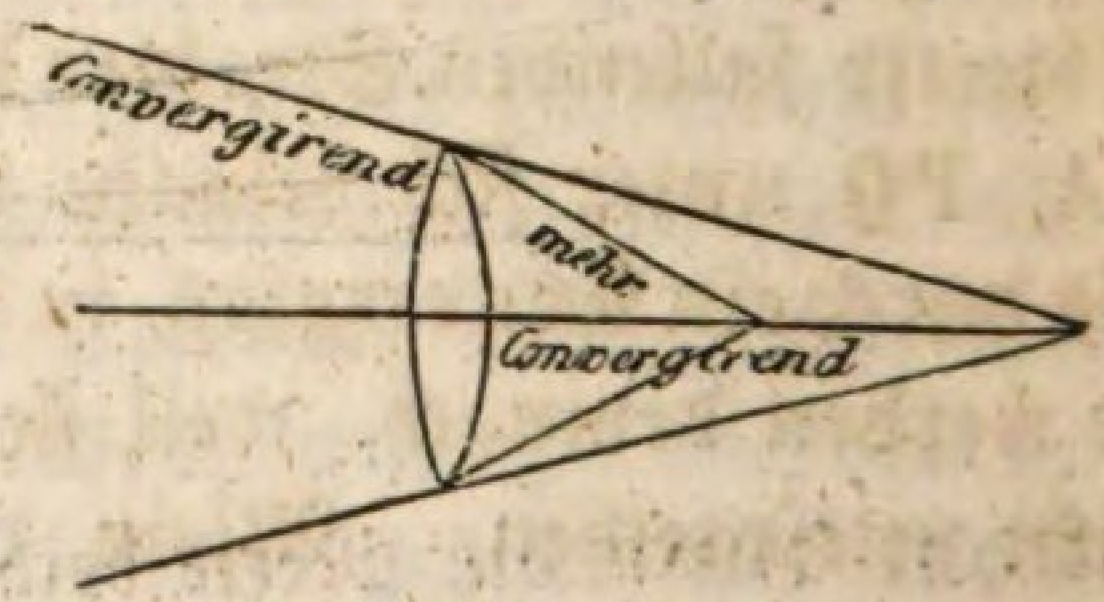
schlagen werden, welche, rückwärts verlängert, in den Punkt F gelangen, der der gemeinschaftliche Brennpunkt beider Gläser ist. Nun aber ist es ein allgemeines Gesetz, daß Lichtstrahlen, wie immer sie auch auf ihrem Wege von einem Orte zum andern gebrochen worden seyen, immer wieder dieselben Brechungen erleiden, wenn sie vom letztern Orte zum ersten zurückkehren. Entsprechen also den einfallenden Strahlen SR, SR die gebrochenen RQ, RQ, so müssen auch umgekehrt, den einfallenden Strahlen RQ, RQ, die gebrochenen RS, RS entsprechen.

Die Sache wird vielleicht noch deutlicher, wenn ich sage, *daß die* Concavgläser das Vermögen haben, solche Strahlen parallel zu machen, welche ohne Brechung sich in dem Brennpunkte der Gläser vereinigen würden; oder Ew. H. haben nur folgende Regeln über die Brechung sowohl bei Convex- als bei Concavgläsern wohl aufzufassen.

I. Bei einem Convexglase (Fig. 95.) werden parallele Strahlen convergirend, solche, die schon convergirend sind, werden es noch mehr (Fig. 96.), und divergirende werden weniger divergirend.

Fig. 95.

Fig. 96.



II. Durch ein Concavglas werden parallele Strahlen divergirend (Fig. 97.), solche, die schon divergirend sind, werden dieses noch mehr, convergirende aber werdenweniger convergirend.

Fig. 97. a.

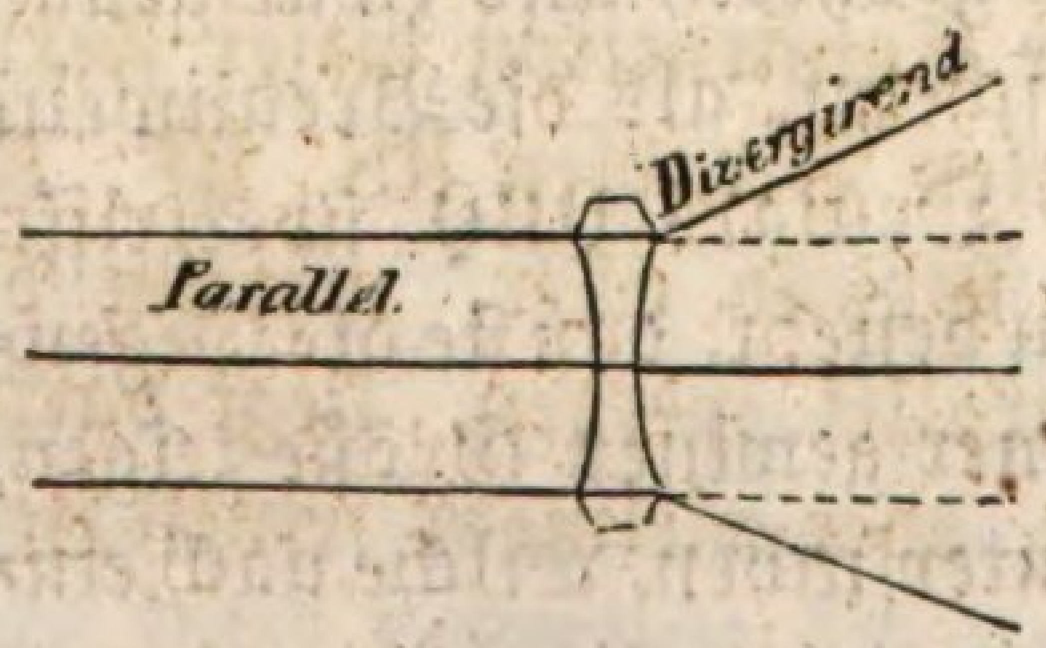
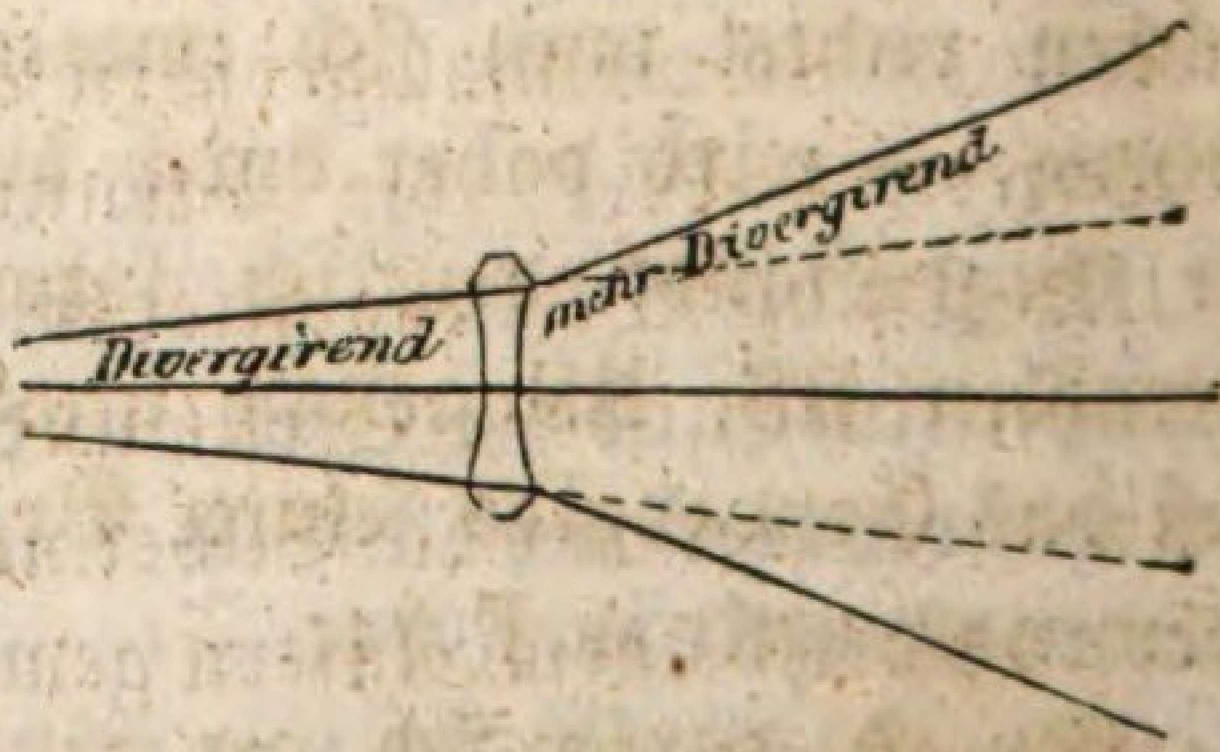


Fig. 97. b.



All dieses gründet sich auf die Gesetze der Brechung und die Form der Gläser, wovon die Einzelnheiten jedoch eine zu lange Erörterung erfordern würden; überdies enthalten die angeführten beiden Regeln das Wesentliche davon. Es ist hiedurch hinlänglich dargethan, daß das Convexglas und das Concavglas, wenn dieselben so

angeordnet sind, daß ihre Brennpunkte in demselben Punkte liegen, entfernte Gegenstände deutlich zeigen müssen, indem die Strahlen durch das Concavglas wieder parallel gemacht wurden, nachdem sie das Converglas zuerst convergirend machte; oder da die Strahlen entfernter Gegenstände beinahe unter sich parallel sind, so werden sie durch das Converglas convergirend; dann hebt das Concavglas diese Convergenz wieder auf, und macht sie von Neuem unter einander parallel. Den 6. Februar 1762.

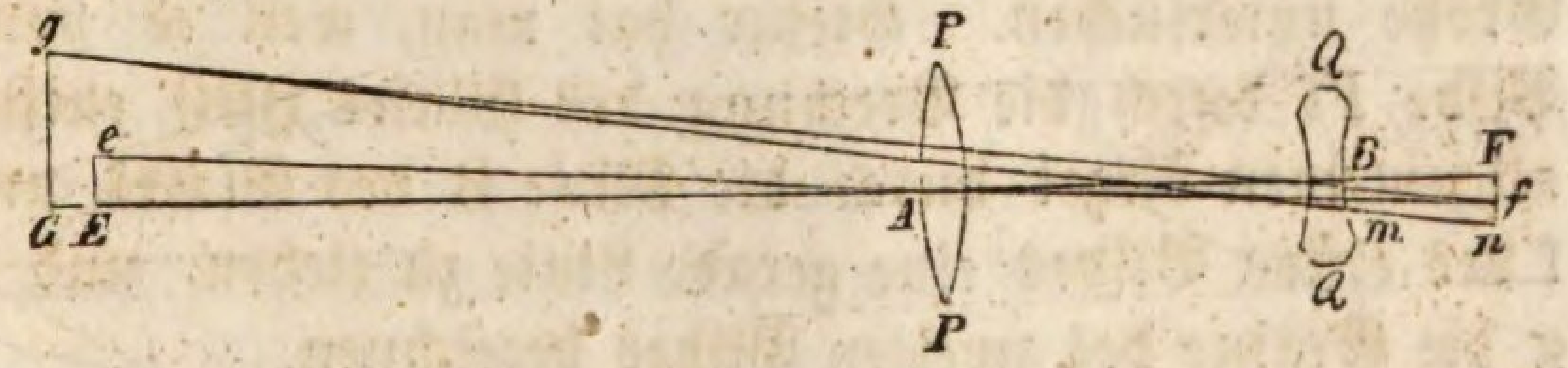
Zweiundsechszigster Brief.

Von der Vergrößerung der Fernröhren.

Es bleibt mir jetzt noch die Erläuterung der Hauptsache bei den Fernröhren übrig, nämlich die Art, wie dieselben die Gegenstände vergrößern. Ich hoffe, dieselbe so klar zu machen, daß jede Art von Zweifel verschwinden muß; zu dem Ende werde ich das, was ich zu sagen habe, in die folgenden Artikel zusammenfassen.

I. Es sey Ee (Fig. 98.) der auf der Axe des Fernrohrs, welche

Fig. 98.



senkrecht durch die Mitte beider Gläser geht, gelegene Gegenstand; man muß sich aber diesen Gegenstand unendlich weit entfernt denken.

II. Wenn das Auge von A aus diesen Gegenstand betrachtet, so sieht es denselben unter dem Winkel EAe, welcher der Sehwinkel heißt. Es muß also gezeigt werden, daß derselbe Gegenstand, wenn man ihn durch das Fernrohr betrachtet, unter einem größern, und zwar genau unter einem so vielmal größern Winkel erscheint, als die Brennweite des Objectivs PAP, die Brennweite des Oculars QBQ übertrifft.

III. Da die Wirkung aller Gläser darin besteht, daß sie die Gegenstände an einer andern Stelle und unter einer gewissen Größe zeigen, so haben wir hier nur die Bilder näher zu untersuchen, welche nach einander von den beiden Gläsern gemacht werden, deren letztes der eigentliche Gegenstand des Sehens desjenigen ist, der das Fernrohr gebraucht.

IV. Weil aber der Gegenstand Ee unendlich weit von dem Converglas PAP absteht, so wird dessen Bild hinter dem Glase in Ff dargestellt und AF ist die Brennweite desselben. Die Größe dieses Bildes wird bestimmt durch die Gerade fAe, welche von dem Rande e des Gegenstandes durch die Mitte A des Glases gezogen

ist; woraus man ersieht, daß das Bild verkehrt und so vielmal kleiner ist als der Gegenstand, als AF kleiner ist, als AE.

V. Nun vertritt das Bild Ff die Stelle des Gegenstandes für das Ocular QBQ, weil die auf dasselbe fallenden Strahlen dieselben sind, welche eben das Bild SF darstellen wollten, aber auf ihrem Wege durch das Concavglas QBQ aufgefangen wurden, so daß dieses Bild nur ein imaginäres ist; allein die Wirkung bleibt dieselbe, wie wenn es ein wirkliches wäre.

VI. Das Bild Ff, welches wir nun wie einen Gegenstand betrachten, wird, weil es sich in der Brennweite des Glases *QBQ* befindet, durch die Brechung dieses Glases beinahe unendlich weit entfernt. Die vorhergehende Figur zeigt dieses neue Bild in Gg, dessen Entfernung AG als unendlich groß anzusehen ist, und die zum zweitenmale durch das Glas QBQ gebrochenen Strahlen halten dieselbe Richtung, als kämen sie wirklich von dem Bilde Gg.

VII. Da nun dieses zweite Bild für jenen, welcher durch das Fernrohr sieht, der Gegenstand des Sehens ist, so müssen wir seine Größe untersuchen. Hiefür hat man, weil es von dem ersten Bilde Ff durch die Brechung des Glases QBQ entsteht, nach der allgemeinen Regel durch die Mitte B des Glases und den Punkt f des ersten Bildes eine gerade Linie zu ziehen, und diese wird in g die Gränze des zweiten Bildes bezeichnen.

VIII. Der Beobachter habe nun sein Auge in B; weil aber die Strahlen, die er empfängt, dieselbe Richtung einhalten, als kämen sie wirklich von dem Bilde Gg, so wird es ihm unter dem Winkel GBg erscheinen, der augenscheinlich größer ist, als EAe, unter welchem ihm der Gegenstand mit bloßen Augen erscheinen würde.

IX. Für die bessere Vergleichung dieser beiden Winkel ist vorerst klar, daß der Winkel EAe gleich ist dem Winkel FAf, der ihm mit der Spitze entgegen steht (sein Scheitelwinkel ist); aus dem gleichen Grunde ist auch der Winkel GBg gleich dem Winkel FBf. Es muß nun bewiesen werden, daß der Winkel FBf eben so vielmal größer ist als FAf, als die Linie AF die Linie BF übertrifft, von welchen AF die Brennweite des Objectivs und BF die Brennweite des Oculars ist.

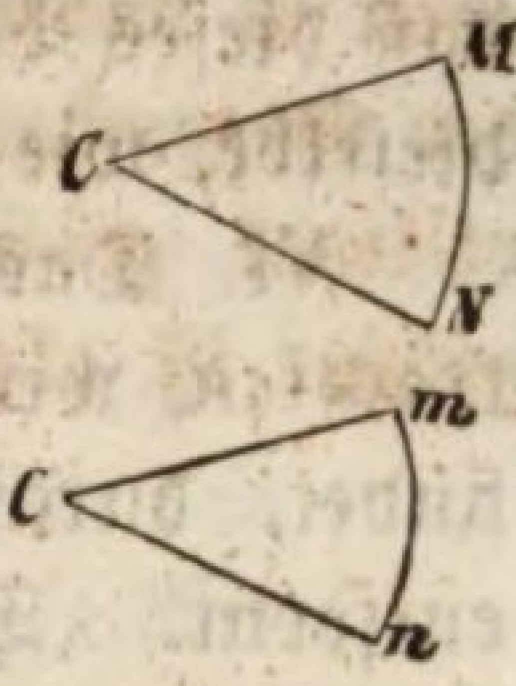
Fig. 99. a.

X. Um dieses zu beweisen, muß man einige Sätze aus der Geometrie über die Natur der Sectoren zu Hilfe nehmen. Ew. H. werden sich erinnern, daß ein Sector (Fig. 99. a.) ein zwischen zwei Halbmessern CM, CN und einem Bogen, oder einem Stücke des

Umfangs, MN, eingeschlossener Theil eines Kreises ist. Bei einem Sector hat man also drei Stücke zu berücksichtigen: 1) den Halbmesser des Kreises CM oder CN; 2) die Größe des Bogens MN; und 3) den Winkel MCN.

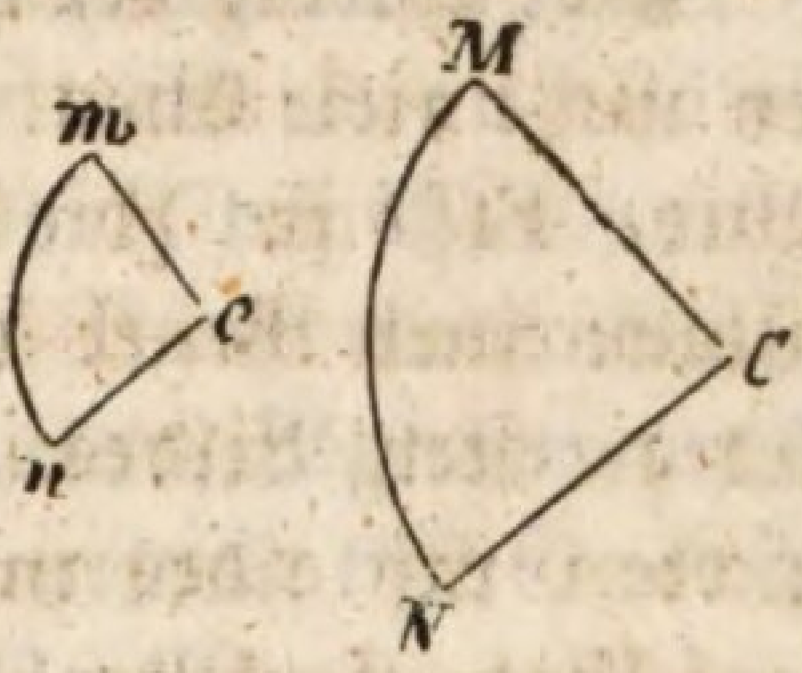
XI. Betrachten wir nun zwei Sectoren MCM und mcn (Fig. 99. b.), deren Halbmesser CM und cm gleich seyen, so ist in den Elementen der Geometrie bewiesen, daß die Winkel C und c zu einander dasselbe Verhältniß haben, wie die Bogen MN und mn, oder der Winkel C ist so vielmal größer als c, als der Bogen MN größer ist als mn; allein statt dieser unbequemen Ausdrucksweise bedient man sich lieber der der folgenden: Wenn die Halbmesser gleich sind, so sind die Winkel C c den Bogen MN und mn proportional.

Fig. 99. b.



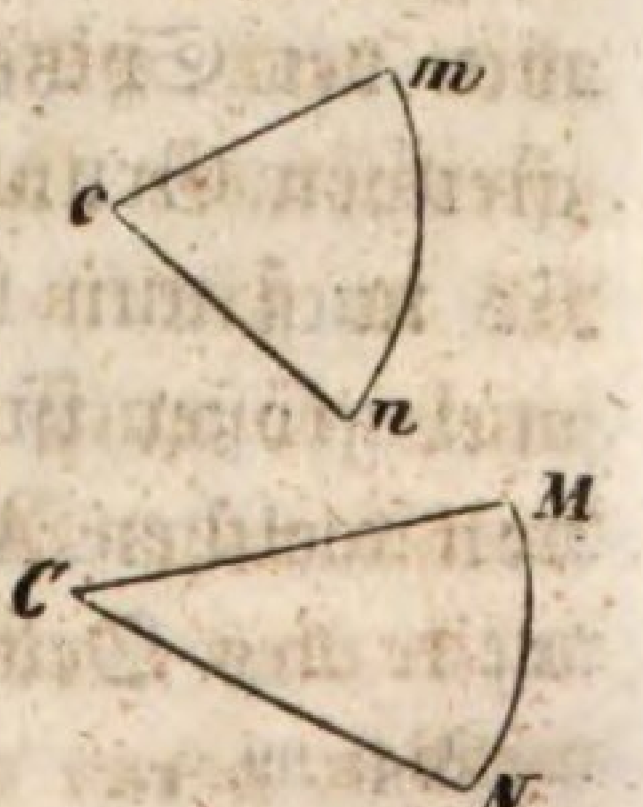
XII. Betrachten wir nun auch zwei Sectoren MCN und mcn (Fig. 100.), deren Winkel C und c einander gleich, deren Halbmesser aber ungleich sind; für diesen Fall wird in der Geometrie bewiesen, daß der Bogen MN eben so vielmal größer ist als mn, als der Halbmesser CM den Halbmesser cm übertrifft; oder man sagt, bei gleichen Winkeln sind die Bogen den Halbmessern proportional. Der Grund ist hier einleuchtend, da jeder Bogen eben so viele Grade hat, als sein Winkel, und die Grade eines großen Kreises so vielmal größer sind, als jene eines kleinen, als der große Halbmesser größer ist, als der kleine.

Fig. 100.



XIII. Betrachten wir endlich den Fall, wo bei zwei Sectoren MCN und mcn (Fig. 101.) die Bogen gleich sind, nämlich MN = mn, die Halbmesser aber ungleich. In diesem Falle ist der Winkel C, der dem großen Halbmesser entspricht, kleiner, der Winkel c aber, welcher zum kleinen Halbmesser gehört, größer, und zwar in demselben Verhältnisse, wie die Halbmesser; oder der Winkel c ist eben so vielmal größer, als C, als der Halbmesser CM größer ist als cm; oder um sich geometrisch auszudrücken: bei gleichen Bogen verhalten sich die Winkel umgekehrt, wie die Halbmesser.

Fig. 101.



XIV. Diese letztere Betrachtung wird mich zum Ziele führen, wenn ich noch beifüge, daß bei kleinen Winkeln, wie dieses bei den

Taschenfernröhren der Fall ist, die Bogen MN und mn nicht merklich von ihrem Sehen, oder den geraden Linien MN und mn, verschieden sind.

XV. Kehren wir nun zu Fig. 98. zurück. Die Dreiecke FAf und FBf können als Sectoren betrachtet werden, bei welchen der Bogen Ff für beide gleich ist; demnach übertrifft der Winkel FBf eben so vielmal den Winkel FAf, als AF größer ist, als BF: oder der Gegenstand Ee erscheint in dem Fernrohr unter einem eben so vielmal größeren Winkel, als die Brennweite AF des *Objectivs* größer ist als jene des Oculars, als BF; was zu beweisen war.

Den 9. Februar 1762.

Dreiundsechszigster Brief.

Ueber die Mängel der Taschenfernröhren und über das Sehfeld.

Ew. H. begreifen leicht, daß man von diesen kleinen Fernröhren nicht viele Vortheile verlangen kann, auch habe ich schon angeführt, daß sie die Gegenstände nicht über zehnmal vergrößern. Wollte man ihre Wirkung weiter treiben, so würden dieselben nicht nur zu lang werden, um sie in der Tasche zu tragen, sondern es würden sich unvermeidlich noch andere wesentlichere Mängel an denselben ergeben; hiedurch werden die Künstler veranlaßt, auf diese Art von Fernröhren gänzlich zu verzichten, so bald man stärkere Wirkung verlangt.

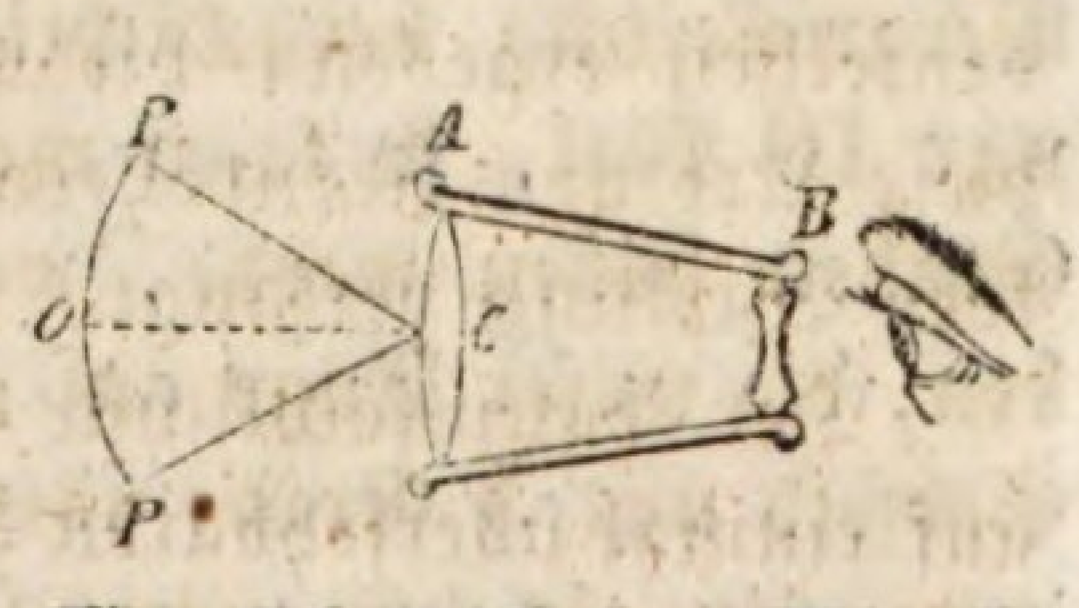
Der hauptsächlichste dieser Fehler liegt in der Kleinheit des auf einmal übersehbaren Raumes, was mich veranlaßt, diesen wichtigen Gegenstand, der gleichmäßig Fernröhren jeder Art betrifft, Ew. H. zu erklären. Richtet man ein Fernrohr gegen den Himmel oder nach irdischen sehr entfernten Gegenständen, so erscheint der übersehbare Raum in der Form eines Kreises und man sieht nur die in diesem Kreise befindlichen Gegenstände; will man andere sehen, so muß man die Stellung des Instruments ändern. Dieser kreisförmige Raum, der sich dem Beobachter zeigt, heißt das **Sehfeld** oder auch geradezu **das Feld** des Instruments, und Ew. H. werden gerne zugeben, daß es einen bedeutenden Vortheil gewährt, wenn dieses Feld groß ist, — daß dagegen ein sehr kleines Sehfeld ein großer Mangel an einem solchen Instrumente ist. Betrachten wir zwei Fernröhren, die beide nach dem Monde gerichtet sind und durch deren eines man nur die Hälfte des Mondes sieht, während

man durch das andere denselben ganz nebst den benachbarten Sternen überblickt, so ist demnach das Sehfeld bei dem letztern viel größer, als bei dem erstern. Jenes mit dem größern Sehfeld enthebt uns nicht nur der Unbequemlichkeit, so oft die Stellung wechseln zu müssen, sondern es gewährt auch noch den bedeutenden Vortheil, daß man die zugleich übersehbaren Theile des Gegenstandes mit einander vergleichen kann.

Ein großes Sehfeld zu haben, ist also eine der ersten Vollkommenheiten eines Fernrohrs, und es ist darum sehr wichtig, das Sehfeld dieser Instrumente bestimmen zu können. Man richtet sich in dieser Beziehung nach dem Himmel, und bestimmt den kreisförmigen Raum, den man durch ein Fernrohr übersehen kann, indem man seinen Durchmesser nach Graden und Minuten mißt. Zeigt also ein Fernrohr nur den Mond, dessen scheinbarer Durchmesser bei'm Vollmond einen halben Grad beträgt, so sagt man, der Durchmesser seines Sehfelds betrage einen halben Grad; würde man nur den vierten Theil des Mondes auf einmal übersehen, so betrüge das Sehfeld nur einen Viertelsgrad.

Die Winkelmessung gibt uns daher die Mittel zur Bestimmung des Sehfeldes an die Hand, und im Uebrigen ist die Sache für sich klar. Nehmen wir an, man übersehe durch das Instrument AB (Fig. 102.) nur den Raum POP und die hierin enthaltenen Gegenstände; dieser Raum ist kreisförmig und hat zum Durchmesser die Linie POP, deren Mitte O sich auf der Axe des Instrumentes befindet. Zieht man nun von den Enden

Fig. 102.



P, P die Geraden PC, PC, so drückt der Winkel PCP den Durchmesser des Sehfeldes aus, und die Hälfte OCP davon heißt der Halbmesser des Sehfeldes. Ew. H. erkennen nun vollkommen, was darunter zu verstehen ist, wenn man sagt, der Durchmesser des Sehfeldes von diesem oder jenem Instrumente betrage einen Grad, der eines andern zwei Grade u. s. w., oder, indem man sich in Minuten ausdrückt, 30 Minuten, die einen halben Grad ausmachen, oder 15 Minuten, die einen Viertelsgrad betragen.

Um aber den Werth eines Fernrohrs in Bezug auf das Sehfeld gehörig würdigen zu können, muß man auch die Vergrößerung desselben berücksichtigen; hiebei gilt allgemein als Regel: je stärker die Vergrößerung eines Fernrohrs ist, desto kleiner wird sein Sehfeld: es sind dieses Gränzen, die in der Natur der Sache

liegen. Denken wir uns ein Instrument von 100maliger Vergrößerung, so ist klar, daß der Durchmesser seines Sehfeldes keine zwei Grade betragen kann; denn da dieser Raum uns 100 Mal größer erscheint, so käme er einer Ausdehnung von 200 Graden gleich, und wäre also größer, als die Ausdehnung des ganzen Himmels, der von einem Ende zum andern nur 180 Grade mißt, und von welchem wir auf einmal höchstens die Hälfte, oder einen kreisförmigen Raum von 90 Grad Durchmesser überblicken können. Ew. H. ersehen hieraus, daß ein hundertmal vergrößerndes Teleskop *nicht* einmal ein Sehfeld von einem Grade haben kann, da *dieser Grad* 100 Mal genommen mehr gilt als 90 Grade; ein Teleskop von 100maliger Vergrößerung, dessen Sehfeld nur etwas weniger als einen Grad betrüge, wäre daher ein ausgezeichnetes, und die Natur des Instrumentes selbst erträgt keine höhere Wirkung.

Allein ein Fernrohr, das nur 10 Mal vergrößert und doch nur ein Sehfeld von Einem Grad Durchmesser hätte, wäre sehr fehlerhaft, weil dieses Feld 10 Mal genommen am Himmel nur einem Raume von 10 Graden entspräche, was sehr wenig wäre, und unserm Gesichtskreise enge Gränzen setzte; wir hätten guten Grund, ein solches Instrument gänzlich zu verwerfen. Es wird daher leicht seyn, die Güte oder Mangelhaftigkeit dieser Instrumente in Bezug auf das Sehfeld zu beurtheilen, wenn man ihre Vergrößerung berücksichtigt. Vergrößert nämlich ein Fernrohr nur 10 Mal, so kann man vermuthen, daß es ein Sehfeld von 9 Graden haben werde, weil 9 Grade 10 Mal genommen 90° geben, die unser Auge auf einmal übersehen kann; betrüge aber sein Sehfeld nur 5 Grade oder noch weniger, so wäre das Instrument immerhin als sehr mangelhaft zu betrachten. Ich werde aber die Ehre haben Ew. H. zu zeigen, daß, wollte man Fernröhren der bereits beschriebenen Art von mehr als 10maliger Vergrößerung machen, dieselben den eben angeführten Fehler haben müßten, und ihr Sehfeld, multiplicirt mit der Vergrößerung, weit unter 90 bleiben würde, ja nicht einmal halb soviel zeigen würde. Denn wenn ein solches Fernrohr nur 5 Mal vergrößert, so beträgt der Durchmesser seines Sehfeldes ohngefähr 4 Grade, welche 5 Mal genommen 20 Grade geben, womit man gerne zufrieden ist; wollte man aber 25malige Vergrößerung erreichen, so würde der Durchmesser des Sehfeldes nur einen halben Grad betragen, was 25 Mal genommen nur 12 Grade gäbe, und doch zu wenig wäre. Will

man daher starke Vergrößerung haben, so muß man sich anderer Anordnungen der Gläser bedienen, welche zu erklären ich mir in der Folge die Freiheit nehmen werde. Den 13. Februar 1762.

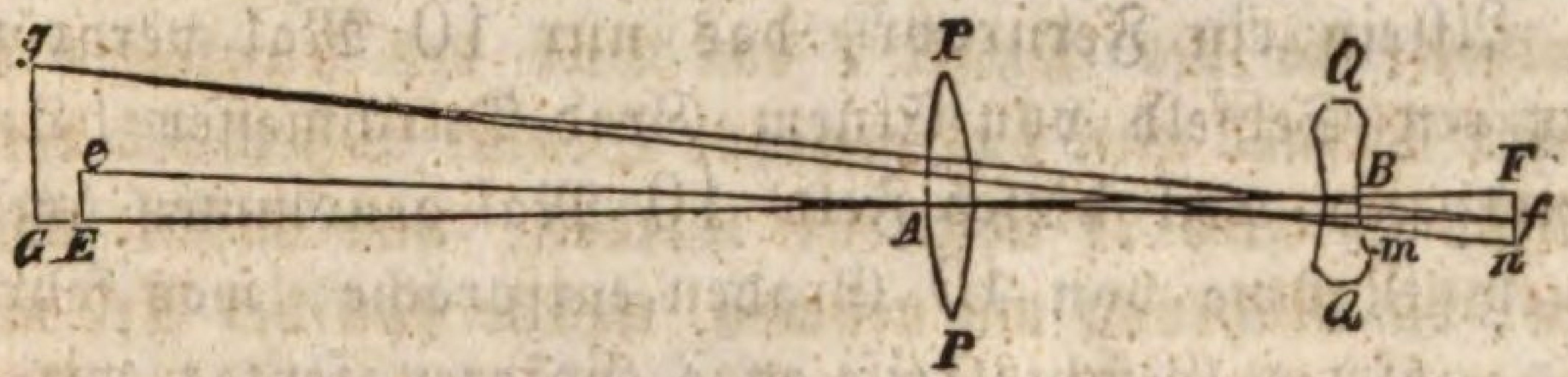
Vierundsechszigster Brief.

Bestimmung des Sehfeldes bei Taschenfernröhren.

Da die Beurtheilung des Sehfeldes für die Einrichtung der Fernröhren und Teleskope von größter Wichtigkeit ist, so will ich dieselbe nun für die kleinen Fernröhren nachweisen, von denen ich Ew. H. bereits zu unterhalten die Ehre hatte.

In Fig. 103. ist das Glas PAP das Objectiv, QBQ das Ocular, und die Gerade EF die Axe des Fernrohrs, auf welcher sich in sehr

Fig. 103.



großer Entfernung der Gegenstand Ee befindet, wovon durch das Instrument der im Winkel EAe gelegene Theil gesehen wird; dieser Winkel ist also der Halbmesser des Sehfeldes, da sich dieses ebenso weit noch auf die andere Seite der Axe erstreckt. Der Punkt E ist also das Centrum des Sehfeldes des Fernrohrs, und der von ihm ausgehende Strahl EA erleidet keine Brechung, weil er senkrecht durch beide Gläser geht. Soll daher dieser Strahl in das Auge kommen, so muß man dieses irgendwo hinter dem Oculare auf der Axe anbringen, so daß das Centrum der Pupille sich auf der Linie BF befindet, was übrigens eine für alle Fernröhren gültige Regel ist. Betrachten wir nun das äußerste sichtbare Ende e des Gegenstandes, dessen Strahlen gleichförmig auf die ganze Breite des Glases PAP fallen; es wird jedoch genügen, hievon den Strahl EA, welcher durch die Mitte A des Objectivs geht, näher in's Auge zu fassen, da die andern diesen rings umgeben und gleichsam nur zu seiner Verstärkung dienen; so zwar, daß wenn dieser Strahl in das Auge dringt, auch die andern, oder doch ein großer Theil derselben, ebenfalls in das Auge gelangen; und wenn dieser Strahl nicht in das Auge gelangen kann, die andern, wenn auch einige von ihnen in dasselbe eindringen sollten, doch zu schwach sind, nun daselbst einen hinlänglich lebhaften Eindruck zu machen.

Man kann also als allgemeine Regel aufstellen, daß das Ende e des Gegenstandes nur gesehen werden kann, insofern der Strahl eA, nachdem er durch beide Gläser gedrungen, noch in das Auge gelangt.

Ueberlegt man dieses wohl, so handelt es sich also jetzt nur darum, den Weg des Strahles eA genau zu untersuchen. Für's Erste erleidet derselbe in dem Glase A, durch dessen Mitte er geht, keine Brechung; gemäß dem zu Anfang aufgestellten Gesetze, daß Strahlen, welche durch die Mitte irgend eines Glases *gehen, nie* von ihrer Richtung abgelenkt werden, oder keine *Brechung erleiden*. Dieser Strahl eA wird also nach seinem Durchgange durch das Objectiv dieselbe Richtung beibehalten, um sich mit den übrigen von e ausgegangenen Strahlen in dem Punkte f des durch das Objectiv PAP in Ff vom Gegenstande dargestellten Bildes zu vereinigen, da der Punkt f das Bild des Punktes e ist. Da aber dieser Strahl nun das concave Ocular außerhalb der Mitte, in m, trifft, so wird er abgelenkt werden, und anstatt nach f zu gelangen, die Richtung mn nehmen, welche von der Axe mehr abweicht; da es ja in der Natur der Concavgläser liegt, die Strahlen immer divergirender zu machen. Um nun diesen neuen Weg zu bestimmen, mögen sich Ew. H. gefälligst erinnern, daß das Objectiv den Gegenstand Ee in verkehrter Stellung bei Ff abbildet, so daß AF der Brennweite des Glases gleichkommt, welches den Gegenstand Ee nach Ff versetzt. Dieses Bild Ff nun vertritt die Stelle eines Gegenstandes für das Ocular QPQ, welches dasselbe nun seinerseits nach Gg versetzt, wobei die Entfernung BG der Entfernung des Gegenstandes selbst gleich zu nehmen ist; um dieses zu erreichen, muß eben das Ocular so gestellt werden, daß die Entfernung BF der Brennweite des Oculars gleich ist.

Was nun die Größe dieser Bilder betrifft, so wird die erstere Ff bestimmt durch die Gerade eAf, welche von e durch die Mitte A des ersten Glases gezogen ist; die Größe Gg aber wird gegeben durch die Gerade fBg, welche von f durch die Mitte B des zweiten Glases geht. Der nach dem Punkte f gerichtete Strahl Am wird nun gebrochen und folgt der Richtung mn; diese Richtung mn aber geht rückwärts verlängert durch den Punkt g, weil dieser Strahl in dem Auge ja die Wirkung hervorbringt, als käme er in der That von g. Nun entfernt sich aber die Linie mn stets mehr von der Axe BF, auf der sich das Centrum der Pupille befindet, und der Strahl mn kann nur dann noch in das Auge gelangen, wenn

sich die Pupille bis dahin erstreckt; wäre daher die Oeffnung der Pupille nur ein Punkt, so wäre auch der Strahl mn vom Auge ausgeschlossen, und der Punkt e des Gegenstandes könnte nicht gesehen werden, ebenso wenig als irgend ein anderer Punkt desselben, der außerhalb der Axe AE liegt. In diesem Falle könnte daher von keinem Sehfeld die Rede seyn, und das Auge könnte durch das Fernrohr nur den einzigen auf der Axe liegenden Punkt E des Gegenstandes erkennen. Es ist demnach klar, daß dieser Art von Fernröhren nur insofern ein gewisses Sehfeld zukommt, als die Pupille eine gewisse Breite hat, so daß das Sehfeld mit der Oeffnung der Pupille wächst oder abnimmt. Der Punkt e wird also in diesem Falle noch gesehen werden können, wenn die kleine Entfernung Bm die halbe Breite der Pupille oder den Halbmesser derselben nicht übersteigt, damit der Strahl Mn noch durch sie eingehen kann. Man wird aber auch das Auge möglich nahe an das Ocular bringen müssen, weil der Strahl mn, der divergirend ist mit der Axe FB, in größerer Entfernung die Pupille nicht mehr erreichen würde.

Nach diesen Betrachtungen läßt sich die Größe des Sehfeldes bei Fernröhren der bezeichneten Art leicht bestimmen; man braucht nur die Entfernung Bm auf dem Oculare der halben Pupillenbreite gleich zu machen, und sodann durch m und die Mitte A des Objectivs die Gerade mAe zu ziehen, und diese Linie bezeichnet das durch das Fernrohr noch sichtbare Ende e des Gegenstandes, sowie der Winkel eAE den Halbmesser des Sehfeldes. Ew. H. können hieraus leicht abnehmen, daß, sobald die Entfernung der Gläser in einem solchen Fernrohre einige Zolle übersteigt, der Winkel EAe sehr klein werden muß, weil die Breite Bm nur ohngefähr ein Zwanzigstel eines Zolls beträgt. Wollte man aber eine starke Vergrößerung, so müßte auch der Abstand der Gläser beträchtlich, und in Folge dessen das Sehfeld unendlich klein seyn. Die Beschaffenheit unserer Augen ist es also, welche die Gränzen für diese Art von Fernröhren bestimmt und uns nöthigt, zu andern Arten derselben zu greifen, sobald man stärkere Vergrößerungen erlangen will.

Den 16. Februar 1762.

Fünfundsechzigster Brief.

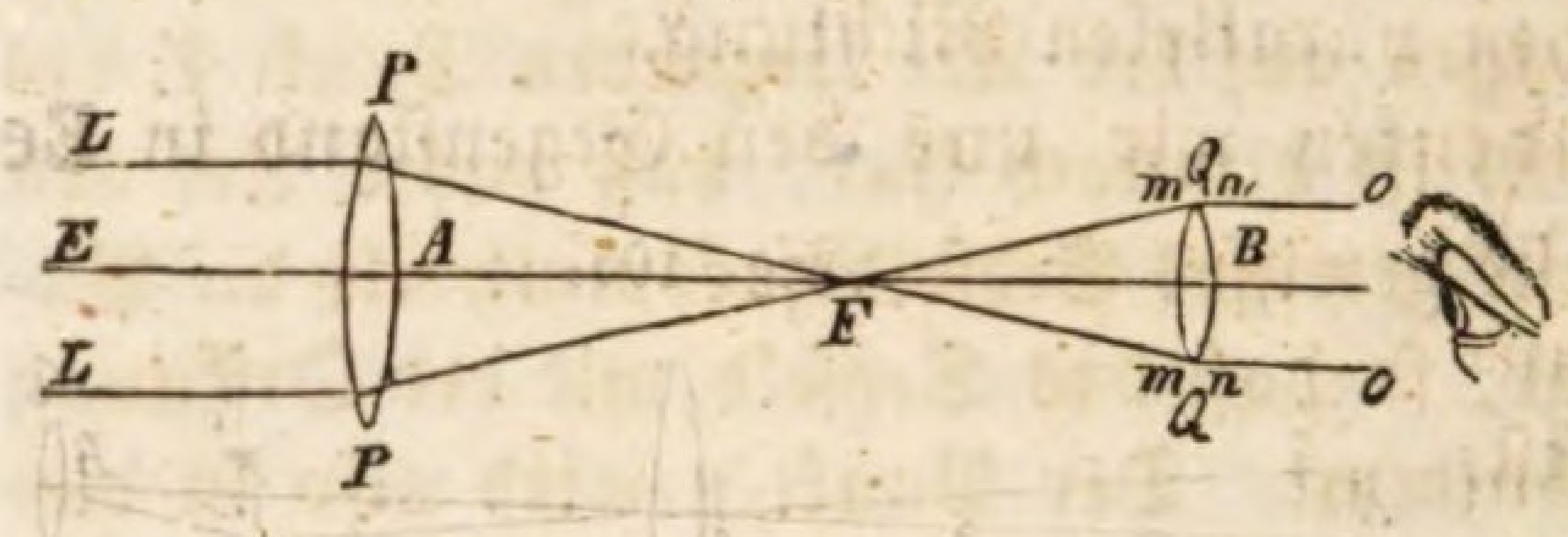
Von den astronomischen Fernröhren und ihrer Vergrößerung.

Indem ich nun zur zweiten Art von Fernröhren übergehe, welche man astronomische Fernröhren, mitunter auch Tubus

nennt, so habe ich vorerst zu bemerken, daß auch diese Art, wie die erste, nur aus zwei Gläsern besteht; allein statt des concaven Oculars bedient man sich hier eines converen. Ich beginne damit, Ew. H. einen Begriff von ihrer Einrichtung zu geben.

Das Objectiv PAP (Fig. 104.) ist, wie bei der ersten Art, ein Converglas, dessen Brennweite sich in F befindet und man befestigt auf dieselbe Axe ein kleines Converglas QQ so, daß sein Brennpunkt ebenfalls nach F fällt.

Fig. 104.



Hält man nun das Auge nach O, so daß BO ohngefähr der Brennweite des Oculars QQ gleich ist, so wird man die Gegenstände deutlich und soviel Mal vergrößert sehen, als die Brennweite des Objectivs jene des Oculars übertrifft; hiebei ist jedoch zu bemerken, daß alle Gegenstände verkehrt erscheinen; und wenn man durch solche Fernröhren Häuser betrachtet, so sieht man die Dächer unten und das Pflaster oben. Da dieser Umstand bei irdischen Gegenständen, die wir nicht verkehrt sehen mögen, sehr unangenehm ist, so ist der Gebrauch dieser Fernröhren auf die Beobachtung der Himmelskörper beschränkt, bei welchen es uns sehr gleichgültig seyn kann, ob wir dieselben aufrecht oder verkehrt sehen; dem Astronomen genügt es zu wissen, daß das, was er oben sieht, in der That unten ist, und umgekehrt. Indessen steht dem Gebrauche dieser Fernröhren für irdische Gegenstände nichts im Wege, und man gewöhnt sich bald daran, sie verkehrt zu sehen, wenn sie nur deutlich und hinlänglich vergrößert sind.

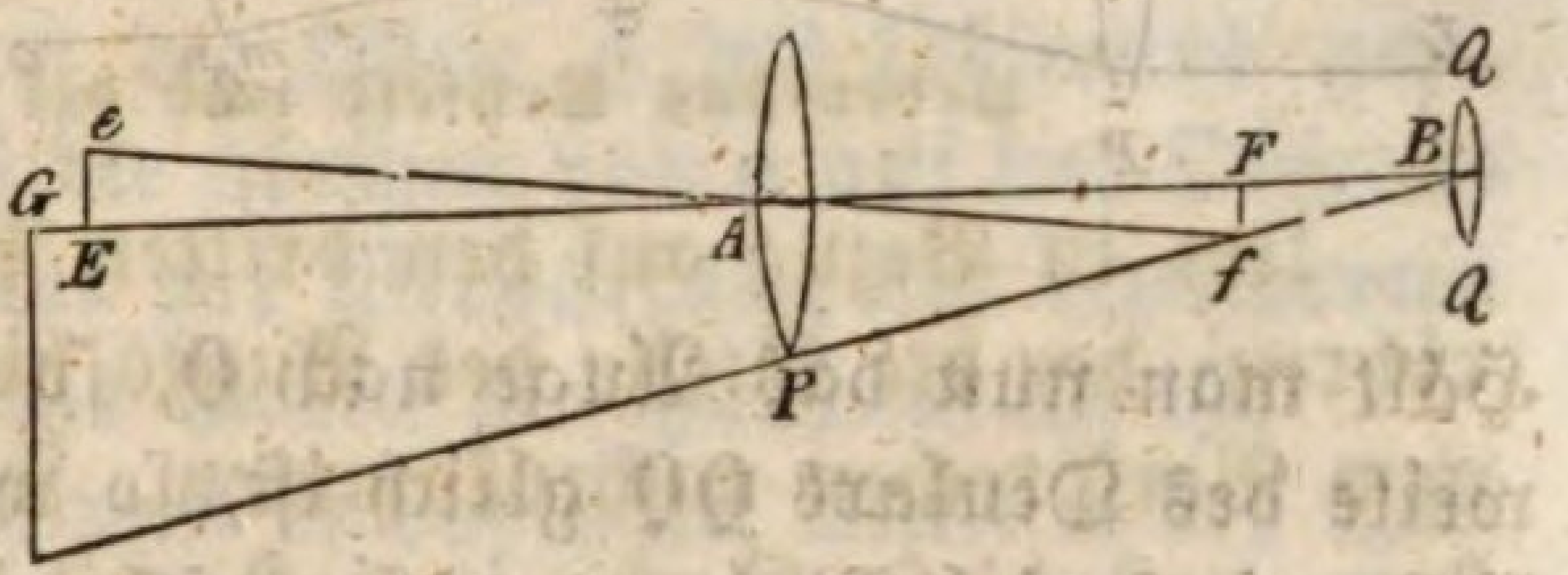
Nach dieser allgemeinen Beschreibung habe ich nun drei Dinge zu zeigen; nämlich erstens, daß durch diese Anordnung der Gläser die Gegenstände deutlich gesehen werden; zweitens, daß sie soviel Mal vergrößert und zwar in verkehrter Stellung erscheinen müssen, als die Brennweite des Objectivs jene des Oculars übertrifft, und drittens, daß man das Auge nicht unmittelbar hinter das Ocular bringen dürfe, wie bei der ersten Art, sondern ohngefähr in eine der Brennweite des Oculars gleiche Entfernung von diesem.

1) Was das Erste betrifft, so beweist sich die Sache auf dieselbe Art, wie im ersten Falle. Die Strahlen eP, eP, welche vor ihrem Eintritte in das Glas unter sich parallel waren, vereinigen sich durch die Brechung im Brennpunkte dieses Glases, und so muß

das Ocular den Parallelismus unter ihnen wieder herstellen; vorausgesetzt, das deutliche Sehen erfordere, daß die von jedem Punkte in das Auge tretenden Strahlen nahezu unter sich parallel seyen. Da nun das Ocular seinen Brennpunkt in F hat, so ist es so gestellt, daß es die Strahlen FM, FM durch die Brechung unter sich parallel machen muß, und folglich erhält das Auge die Strahlen No, No in der erforderlichen parallelen Richtung.

2) Für das Zweite denken wir uns den Gegenstand in Ee (Fig. 105.) aber so, daß die Entfernung EA als fast unendlich groß anzusehen ist. Das durch das Objectiv dargestellte Bild dieses Gegenstandes wird sich daher in Ff befinden, und die Brennweite AF vom Glase entfernt; seine Größe begränzt die durch die Mitte des Glases gezogene Gerade eAf. Dieses Bild Ff, welches verkehrt ist, vertritt die Stelle des Gegenstandes in Bezug auf das Ocular; da es sich nun in dessen Brennweite befindet, so wird das zweite Bild durch die Brechung dieses Glases wieder unendlich weit entfernt, und etwa nach Gg fallen, wobei die Entfernung AG als unendlich groß angesehen werden muß, wie AE. Um die Größe dieses Bildes zu bestimmen, darf man nur durch die Mitte B des Oculars und das Ende F die Gerade Bfg ziehen. Da nun dieses zweite Bild Gg der eigentliche Gegenstand des Sehens für denjenigen ist, der sich des Fernrohrs bedient, so ist vorerst klar, daß er den wirklichen Gegenstand verkehrt sehen muß; der Winkel aber, unter dem das Bild in unendlicher Entfernung erscheint, ist GBg. Der Gegenstand Ee selbst erscheint dem nackten Auge unter dem Winkel EAe, wobei Ew. H., ohne daß ich es erwähne, erkennen, es sey wegen der unendlichen Entfernung des Gegenstandes einerlei, ob man die Punkte A oder B als Spitzen für die Sehwinkel EAe und GBg annehme. Ew. H. sehen nun hier, wie im vorhergehenden Falle, daß man die Dreiecke FAf und FBf als Kreissectoren ansehen kann, deren gemeinschaftlicher Bogen die Linie Ff ist, da die Winkel so klein sind, daß kein merklicher Irrthum entsteht, wenn man die Sehne für den Bogen nimmt. Weil nun die Bogen gleich, und die Linien AF und BF die Halbmesser sind, so folgt aus dem, was ich eben ausführlich bewiesen habe, daß die Winkel FAf (oder EAe) und FBf (oder GBg) sich verhalten müssen, wie

Fig. 105.



die Halbmesser AF und BF. Darum ist der Winkel GBg, unter welchem man den Gegenstand durch das Fernrohr sieht, soviel Mal größer als der Winkel EAe, unter welchem er dem bloßen Auge erscheint, als die Linie Af größer ist als BF; und das ist der Beweis für den zweiten Satz. Den Beweis für den dritten muß ich bis zur nächsten Post verschieben. Den 20. Februar 1762.

Sechsundsechzigster Brief.

Ueber das Sehfeld und die Stellung des Auges.

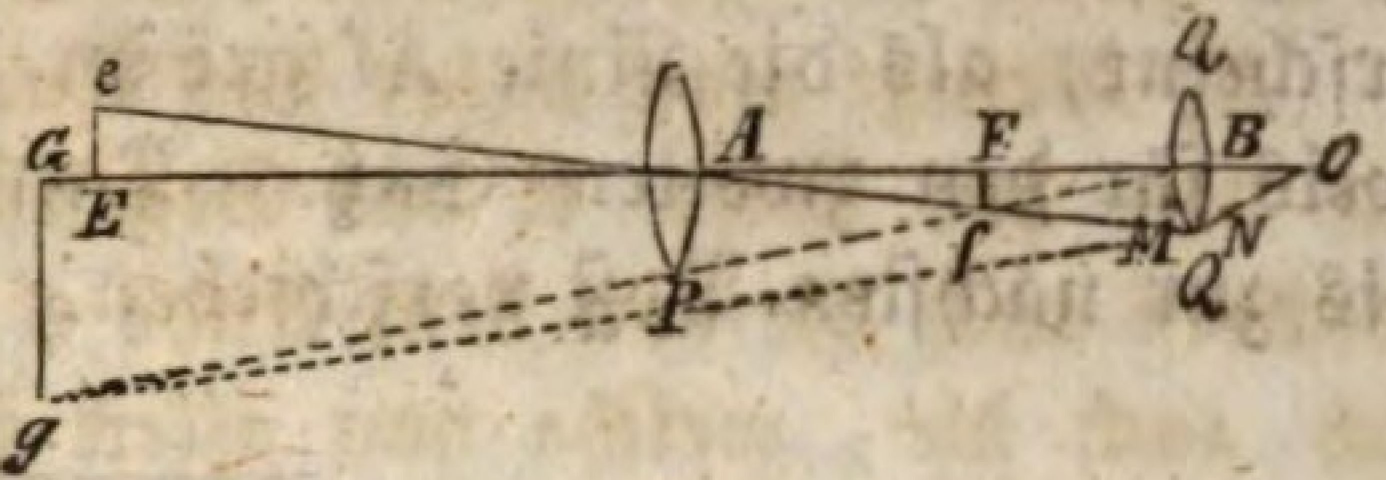
Um in Bezug auf den dritten Punkt bei astronomischen Fernröhren, der die Stelle des Auges hinter dem Oculare betrifft, meinem Versprechen nachzukommen, so habe ich vor allem zu bemerken, daß diese Sache innigst mit dem Sehfelde zusammenhängt, und daß gerade das Sehfeld uns nöthigt, das Auge an die früher bezeichnete Stelle zu bringen; so, daß bei größerer oder geringerer Annäherung desselben an das Ocular das Sehfeld kleiner würde.

Da die Größe des Sehfeldes für alle Fernröhren ein so wichtiger Artikel ist, so ist demnach auch die Bestimmung der Stelle des Auges, von der aus das Sehfeld am größten ist, nicht minder wichtig. Würde man das Auge unmittelbar hinter das Ocular bringen, so hätte man ungefähr dasselbe Sehfeld, wie bei den Taschenfernröhren, welches unerträglich klein wird, sobald man die Vergrößerung einigermaßen beträchtlich macht. Darin, daß bei wachsender Entfernung des Auges vom Oculare auch das Sehfeld bis auf einen gewissen Punkt wächst, liegt ein Hauptvorzug der astronomischen Fernröhren; denn gerade dieses macht sie für die stärksten Vergrößerungen geeignet, während die zuerst beschriebene Art in dieser Beziehung sehr enge Gränzen hat. Ew. H. wissen bereits, daß man die Vergrößerung bei den astronomischen Fernröhren auf mehr als 200 Mal treibt, was ihnen einen unendlichen Vorzug vor den Fernröhren der ersten Art gibt, wo kaum noch eine zehnmalige Vergrößerung möglich ist; die kleine Unbequemlichkeit, daß man die Gegenstände verkehrt sieht, verschwindet gänzlich einem solchen Vorzuge gegenüber.

Ich werde daher diesen wichtigen Punkt Ew. H. so klar zu machen suchen, als ich es nur immer vermag, und meine frühern Erläuterungen über das Sehfeld werden mir hiebei vortrefflich zu Statten kommen.

1) Der Gegenstand Ee (Fig. 106.) sey unendlich entfernt und e der äußerste durch das Fernrohr noch sichtbare Punkt desselben; die Gläser PAP und QBQ befinden sich auf der gemeinschaftlichen Axe EABO, und es handelt sich hauptsächlich darum, den Weg jenes einzelnen Strahles genau zu verfolgen, welcher von dem Ende e des Gegenstandes durch die Mitte A des Objectivs geht. Ew. H. erinnern sich noch, daß die übrigen von e auf das Objectiv fallenden Strahlen eigentlich nur zur Verstärkung des bezeichneten eA dienen, der in Bezug auf das Sehen der Hauptstrahl ist.

Fig. 106.



2) Dieser Strahl eA wird, weil er durch die Mitte A des Objectivs PP geht, hier nicht gebrochen, sondern setzt seinen Weg AfM geradlinigt fort, und gelangt, nachdem er durch den Punkt f des Bildes Ff gegangen, in M auf das Ocular. Es wird gut seyn, hier sogleich zu bemerken, daß, wenn das Ocular sich nicht bis nach M hin erstreckte, dieser Strahl nicht in das Auge gelangen und also der Punkt e auch nicht gesehen werden könnte; d. h. man müßte für diesen Fall den Punkt e näher an der Axe nehmen, damit der Strahl eAM jedenfalls noch auf das Ocular gelangt.

3) Der Strahl AM wird nun durch das Ocular auf eine gewisse, nicht schwer zu findende Weise gebrochen. Man braucht nur das zweite Bild Gg zu betrachten; obgleich nämlich dieses Bild unendlich weit entfernt ist, so genügt es doch zu wissen, daß die Gerade Bf durch das Ende g dieses Bildes, welches der unmittelbare Gegenstand des Sehens ist, gehen muß. Der gebrochene Strahl muß also eine solche Richtung NO einhalten, daß sie verlängert den Punkt g trifft.

4) Weil nun die beiden Linien ON und Bf in unendlicher Entfernung bei g zusammenlaufen, so sind dieselben unter sich parallel; woraus sich ein leichteres Verfahren für die Bestimmung des gebrochenen Strahles NO gibt; man hat nämlich denselben nur mit Bf parallel zu machen.

5) Hieraus folgt nun weiter, daß der Strahl NO irgendwo mit der Axe des Fernrohrs zusammentreffen muß, z. B. in O; da aber bei starker Vergrößerung der Punkt F gewöhnlich viel näher bei dem Oculare QQ, als bei dem Objective PP liegt, so wird auch die Entfernung BM (halbe Breite des Oculars) immer, wenn auch

nur wenig, größer seyn, als das Bild Ff; und weil NO parallel ist mit fB, so muß auch die Linie BO nahe zu gleich BF seyn, d. h. gleich der Brennweite des Oculars.

6) Bringt man daher das Auge nach O, so erhält es nicht nur die von der Mitte E des Gegenstandes ausgegangenen Strahlen, sondern auch die von dem Ende e desselben kommenden, und folglich auch die, welche von allen andern Theilen des Gegenstandes ausgiengen, und zwar, wenn die Pupille auch nur ein Punkt wäre. In diesem Falle hängt also, wenn das Auge sich nur in O befindet, die Größe des Sehfeldes nicht von der Breite der Pupille ab; allein wenn sich das Auge von O entfernt, muß das Sehfeld bedeutend kleiner werden.

7) Befände sich der Punkt nicht am Rande des Oculars, so ließe dieses noch weiter von der Axe abliegende Strahlen durch, und das Fernrohr hätte ein noch größeres Sehfeld. Um daher die wirkliche Größe des Sehfeldes zu bestimmen, muß man von der Mitte A des Objectivs an den Rand M des Oculars die gerade Linie AM ziehen, welche, bis an den Gegenstand verlängert, denn äußersten noch sichtbaren Punkt e desselben bezeichnet; folglich gibt auch der Winkel EAe oder BAM den Halbmesser des Sehfeldes, der demnach um so größer ist, je breiter das Ocular genommen wird.

8) So wie also bei der ersten Art der Fernröhren das Sehfeld einzig von der Breite der Pupille abhieng, so hängt es hier einzig von der Breite des Oculars ab, was zwischen beiden Arten einen sehr wesentlichen Unterschied zum Vortheile der letztern begründet. Dieselbe Figur, welche ich so eben für die Erläuterung der Stelle des Auges und des Sehfeldes gebraucht habe, ist auch sehr wohl geeignet, die beiden vorhergehenden Punkte noch besser zu beleuchten.

Wenn Ew. H. überlegen wollen, daß das Objectivglas den Gegenstand Ee nach Ff, das Ocular aber denselben wieder von Ff nach Gg versetzt, so muß dieses letztere Bild, als sehr entfernt und unmittelbarer Gegenstand des Sehens, auch deutlich gesehen werden, da für ein gutes Auge die Gegenstände sehr weit entfernt seyn müssen, wenn sie deutlich gesehen werden sollen; was der erste Punkt war.

In Bezug auf den zweiten Punkt ist vorerst klar, daß, da man statt des wirklichen Gegenstandes Ee das Bild Gg durch das Fernrohr sieht, der Gegenstand verkehrt erscheinen muß. Sodann wird dieses Bild von dem in O befindlichen Auge unter dem Winkel GOg oder BON gesehen, während der Gegenstand selbst dem

bloßen Auge unter dem Winkel EAe erscheinen würde. Das Fernrohr vergrößert also ebenso viel Mal, als der Winkel BON größer ist, als EAe. Weil aber NO parallel ist mit Bf, so ist auch der Winkel BON gleich dem Winkel FBf, und der Winkel EAe ist seinem Scheitelwinkel FAf gleich; die Vergrößerung muß also aus dem Verhältnisse der beiden Winkel FBf und FAf beurtheilt werden, wovon ersterer so viel Mal größer ist als letzterer, als die Linie AF — die Brennweite des Objectivs — die BF — die die Brennweite des Oculars — übertrifft. Es ist dieses zugleich eine Probe, wie die Elemente der Geometrie zu Untersuchungen ganz anderer Art verwendet werden können, was Ew. H. mit Befriedigung erkennen werden.

Den 25. Februar 1762.

Siebenundsechzigster Brief.

Wie die Vergrößerung eines Fernrohrs gemessen werde, und wie man Fernröhren von einer gegebenen Vergrößerung machen könne.

Ew. H. werden nun leicht beurtheilen, nicht nur, wie man die Vergrößerung eines gegebenen Fernrohrs messe, sondern auch, wie man Fernröhren herstellen könne, welche jede gewünschte Vergrößerung geben. Im ersten Falle hat man nun die Brennweite sowohl des Objectivs, als des Oculars zu messen, um zu sehen, wie viel Mal diese von jener übertroffen wird, was durch die Division geschieht, und der Quotient gibt die gesuchte Vergrößerung.

Hat man daher z. B. ein Fernrohr, bei welchem die Brennweite des Objectivs 2 Fuß, und jene des Oculars 1 Zoll beträgt, so hat man nachzusehen, wie viel Mal 1 Zoll in 2 Fuß enthalten ist. Man muß hiebei wissen, daß 1 Fuß 12 Zolle hat und daher 2 Fuß 24 Zolle machen, die man mit 1 Zoll dividirt. Wenn aber irgend eine Zahl mit 1 dividirt wird, so ist der Quotient der Zahl selbst gleich; oder wenn man fragt, wie viel Mal 1 Zoll in 24 Zoll enthalten sey, so antwortet man ohne Zögern: 24 Mal; folglich vergrößert das fragliche Fernrohr 24 Mal; d. h. es zeigt uns entfernte Gegenstände so, als wären dieselben 24 Mal größer als sie wirklich sind; oder man sieht dieselben unter einem 24 Mal größern Winkel als mit bloßem Auge.

Nehmen wir ein anderes astronomisches Fernrohr, dessen Objectiv 32 Fuß, dessen Ocular aber 3 Zoll Brennweite hat, so ersehen Ew. H., daß diese beiden Gläser um 32 Fuß 3 Zoll von einander abstehen müssen, da ja bei allen astronomischen Fernröhren

der Abstand beider Gläser der Summe ihren Brennweiten gleich seyn muß, wie aus meinem frühern Briefe hervorgeht.

Um nun zu finden, wie viel Mal dieses Fernrohr vergrößert, muß man die 32 Fuß durch 3 Zoll dividiren, und zu dem Ende die 32 Fuß durch Multiplication mit 12 in Zolle verwandeln, was 384 Zolle gibt; hierauf dividirt man 384 durch 3, und der Quotient 128 gibt an, daß das fragliche Fernrohr 128 Mal vergrößert, was unstreitig eine sehr beträchtliche Wirkung ist.

Um nun umgekehrt ein Fernrohr zu machen, welches eine gegebene Anzahl Male vergrößert, z.B. 100 Mal, so muß *man zwei* Convergläser haben, wovon das eine eine 100 Mal größere Brennweite hat, als das andere; das erstere wird das Objectiv, das letztere das Ocular geben. Hierauf muß man dieselben so in derselben Axe befestigen, daß ihre Entfernung der Summe der Brennweiten gleich wird; oder man befestigt sie viel mehr in eine Röhre von der gegebenen Länge, und das Auge wird, wenn es sich in der Entfernung der Brennweite des Oculars hinter diesem befindet, die Gegenstände 100 Mal größer sehen.

Man wird aber diese Bedingung auf unendlich viele verschiedene Arten erfüllen können, indem man ein beliebiges Ocular nimmt, und es mit einem Objective von 100 Mal größerer Brennweite verbindet. Nimmt man daher ein Ocular von 1 Zoll Brennweite, so muß jene des Objectivs 100 Zoll, und der Abstand beider Gläser 101 Zoll betragen. Wählt man aber ein Ocular von 2 Zoll Brennweite, so erfordert dieses ein Objectiv von 200 Zoll Brennweite, und der Abstand beider Gläser wird 202 Zoll seyn. Nähme man ein Ocular von 3 Zoll Brennweite, so müßte die Brennweite des Objectivs 300 Zoll und die Entfernung der Gläser 303 Zoll messen. Bei 4 Zoll Brennweite des Oculars wären 400 Zoll Brennweite für das Objectiv erforderlich, und für den Abstand der Gläser 404 Zoll u. s. f., indem man das Fernrohr immer länger und länger machte. Gäbe man im Gegentheil dem Oculare nur einen halben Zoll Brennweite, so müßte das Objectiv 100 halbe Zolle haben, oder 50 Zoll, und die Entfernung der Gläser wäre $50\frac{1}{2}$ Zoll, was etwas über 4 Fuß beträgt. Zu einem Ocular endlich von nur einem Viertelszoll Brennweite würde ein Objectiv gehören, das 100 Viertelszolle oder 25 Zoll Brennweite hätte, und die Entfernung der Gläser würde $25\frac{1}{4}$ Zoll messen, was wenig über 2 Fuß ausmacht.

Hier haben wir also verschiedene Arten dieselbe 100malige

Vergrößerung zu erreichen, und wenn wir die Wahl darunter hätten, so würden Ew. H. gewiß ohne Anstand der letzten den Vorzug geben, als der kürzesten; denn bei ihr würde das Fernrohr nur etwa 2 Fuß lang, und wäre ohne Zweifel viel leichter zu handhaben, als ein viel längeres.

In der That würde auch Jedermann ohne lange Wahl die kürzesten Fernröhren vorziehen, wenn alle andere Umstände gleich wären, und die verschiedenen Arten die Gegenstände gleich vollkommen zeigten. Allein obgleich alle gleich viel Mal vergrößern, so zeigen sie doch nicht alle gleich rein und deutlich. Die letzte von 2 Fuß Länge vergrößert wohl auch 100 Mal, wie die übrigen, aber durch ein solches Fernrohr würden die Gegenstände nicht nur sehr dunkel, sondern auch schlecht begränzt und verwirrt gesehen werden, was gewiß ein großer Mangel wäre. Das vorletzte Fernrohr mit einem Objective von 50 Zoll Brennweite ist diesem Fehler schon weniger unterworfen, allein Dunkelheit und Verwirrung sind auch bei diesem noch unerträglich. Diese Fehler vermindern sich aber in dem Maaße, als man größere Objective wählt, und sie werden schon viel geringer seyn bei der Anwendung eines Objectivs von 300 und einem Oculare von 3 Zoll Brennweite. Vergrößert man diese Maaße noch mehr, so wird die Darstellung der Gegenstände noch reiner und deutlicher, so daß in dieser Beziehung lange Fernröhren den kurzen vorgezogen werden müssen, obgleich sie andererseits unbequemer sind.

Dieser Umstand eröffnet mir ein neues Bild, wobei ich die Ehre haben werde, in Bezug auf die Theorie der Fernröhren Ew. H. noch zwei sehr wichtige Punkte zu erklären; der eine derselben betrifft die Helligkeit oder den Grad des Lichtes (die Lichtstärke), in welchem die Gegenstände gesehen werden, der andere aber die Reinheit der Bilder. Ohne diese beiden wichtigen Eigenschaften bringt uns die Vergrößerung, so stark dieselbe auch seyn mag, bei der Betrachtung der Gegenstände doch keinen Vortheil.

Den 27. Februar 1762.

Achtundsechzigster Brief.

Von dem Grade der Helligkeit.

Um den Grad der Helligkeit, in welcher uns die Fernröhren die Gegenstände zeigen, oder ihre Lichtstärke zu beurtheilen, werde ich mich auf dieselben Grundsätze stützen, die ich bereits aus-

einander zu setzen die Ehre hatte, als ich denselben Gegenstand in Bezug auf die Mikroskope behandelte.

Ich muß jedoch zuvor bemerken, daß es sich hier nicht um die Lichtstärke handelt, die den Gegenständen selbst zukommt, und sehr verschieden seyn kann, sowohl bei verschiedenen Körpern, indem sie von Natur aus mehr oder weniger helle sind, als bei demselben Körper unter geänderten Umständen. Dieselben Körper haben unstreitig mehr Helligkeit, wenn sie von der Sonne erleuchtet sind, als bei bedecktem Himmel, und bei der Nacht verlieren sie ihr Licht vollends; aber auch bei demselben Lichte können verschiedene Körper verschiedene Helligkeit haben, je nachdem ihre Farben mehr oder weniger lebhaft sind. Allein, wie gesagt, von diesem Lichte, dieser Helligkeit, die sich an den Gegenständen selbst befindet, handelt es sich hier nicht; sondern man sagt, ein Fernrohr zeige die Gegenstände mit vollkommener Helligkeit, wenn wir dieselben durch das Instrument in solcher Klarheit sehen, wie von freiem Auge, diese mag übrigens an sich groß oder klein seyn. Ist der Gegenstand an sich dunkel, so kann man nicht verlangen, daß das Fernrohr denselben in glänzendem Lichte zeige.

In Bezug auf die Lichtstärke ist demnach ein Fernrohr dann vollkommen, wenn es uns die Gegenstände in derselben Helligkeit zeigt, als wir dieselben mit freiem Auge sehen. Dieses tritt aber hier, wie bei den Mikroskopen, dann ein, wenn die ganze Oeffnung der Pupille durch die von jedem Punkte des Gegenstandes kommenden Strahlen ausgefüllt wird, nachdem sie durch das Fernrohr gegangen sind. Sobald ein Fernrohr hinlänglich Lichtstrahlen durchläßt, um die ganze Oeffnung der Pupille zu füllen, läßt es in Bezug auf Helligkeit nichts zu wünschen übrig; würde dasselbe sogar eine größere Menge von Lichtstrahlen liefern, so wäre dieses ohne Nutzen, weil ja doch nicht mehr Strahlen in das Auge dringen könnten.

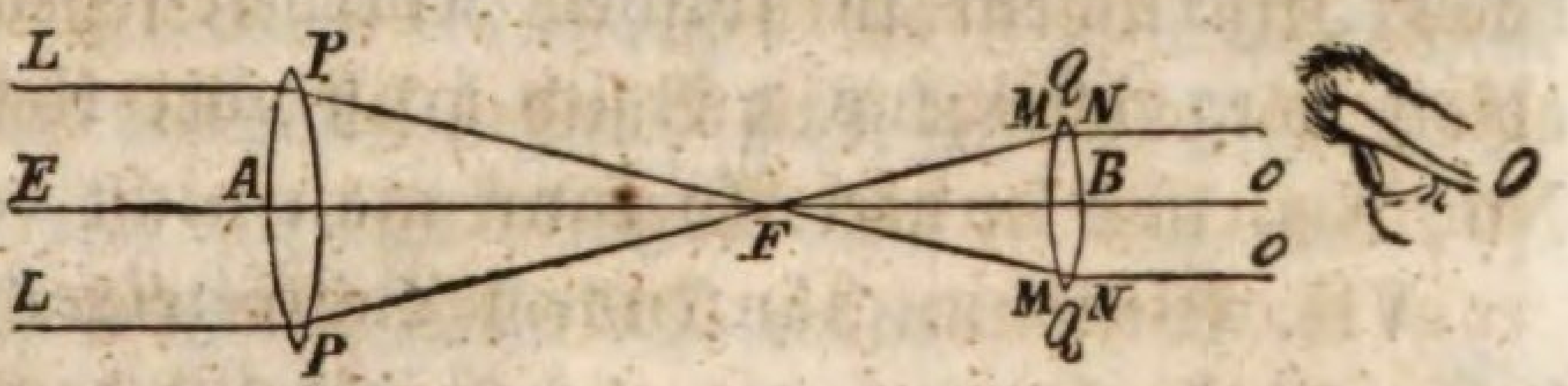
Man muß daher hier hauptsächlich die Oeffnung der Pupille berücksichtigen; da aber diese veränderlich ist, so könnte man in dieser Beziehung Nichts festsetzen, wenn man nicht eine bestimmte Pupillenbreite zu Grunde legte. Man kann jedoch sehr wohl zufrieden seyn, wenn die Pupille im Zustande ihrer größten Verengerung mit Lichtstrahlen erfüllt ist, und darum nimmt man gewöhnlich den Durchmesser der Pupille zu einer Linie an, deren 12 einen Zoll geben; öfters begnügt man sich auch, den Durch-

messer der Pupille nur zu einer halben Linie anzunehmen, mitunter sogar noch geringer.

Wenn Ew. H. bedenken, daß das Licht der Sonne 300,000 Mal stärker ist, als jenes des Mondes, das doch immer noch ziemlich beträchtlich ist, so werden dieselben wohl einsehen, daß eine kleine Verminderung in der Helligkeit bei Betrachtung der Gegenstände von keiner großen Bedeutung ist. Dieses vorausgesetzt, bleibt mir nur übrig, die Strahlen zu untersuchen, welche ein Fernrohr zum Auge gelangen läßt, um sie mit der Pupille zu vergleichen, und es wird genügen, hiefür die Strahlen, welche von einem einzigen Punkte des Gegenstandes ausgehen, zu betrachten, z. B. jene, die von dem auf der Axe des Fernrohrs liegenden Punkt kommen.

I. Ist der Gegenstand unendlich entfernt, so sind die von ihm auf das Objectiv PAP (Fig. 107.) fallenden Strahlen unter sich parallel; alle Strahlen, welche von der Mitte des Gegenstandes ausgehen, sind demnach zwischen den mit der Axe EA parallelen Linien LP, LP enthalten.

Fig. 107.



Alle diese Strahlen zusammen heißen das auf das Objectiv fallende Strahlenbündel, und die Dicke dieses Bündels ist der Breite, oder der Oeffnung des Objectivs gleich, deren Durchmesser PAP ist.

II. Dieses Strahlenbündel verwandelt sich durch die Brechung des Objectivs in eine conische oder zugespitzte Form PFP, und bildet nach der Kreuzung im Brennpunkte F einen neuen Kegel MFM, der durch das Ocular begränzt ist. Hieraus folgt, daß die Basis MM dieses Kegels so vielmal kleiner ist, als die Dicke des Lichtbündels PP, als die Entfernung FB kleiner ist als AF.

III. Diese Strahlen FM, FM werden nun, indem sie durch das Ocular QBQ gehen, von Neuem unter sich parallel, bilden das Strahlenbündel no, no und treten in das Auge, wo sie von dem Punkte des Gegenstandes, von welchem sie ursprünglich ausgiengen, ein Bild machen.

IV. Alles kömmt jetzt auf die Dicke des Strahlenbündels No, No an, welches in das Auge tritt; wenn seine Dicke NN oder oo gleich oder größer ist, als die Oeffnung der Pupille, so wird diese damit erfüllt seyn und das Auge der größtmöglichen Helligkeit sich erfreuen; oder der Gegenstand wird in derselben Lichtstärke gesehen

werden, als werde er ohne weitere Hilfsmittel mit bloßen Augen betrachtet.

V. Allein wenn die Dicke NN oder oo dieses Bündels viel kleiner wäre, als die Oeffnung der Pupille, so ist klar, daß die Darstellung des Gegenstandes in demselben Verhältnisse dunkler werden müßte, was ein großer Mangel des Fernrohres wäre. Um diesem vorzubeugen, darf daher die Dicke dieses Bündels nicht unter einer halben Linie seyn, und es wäre gut, wenn sie eine ganze Linie betrüge, welches die gewöhnliche Weite der Pupille ist.

VI. Es ist aber klar, daß die Dicke dieses Bündels in *einem gewissen* Verhältnisse zur Dicke des einfallenden Bündels stehen müsse, welches Verhältniß nicht schwer zu bestimmen ist; man hat nämlich nur zu untersuchen, wie vielmal die Breite NN oder MM größer ist als PP, die Oeffnung des Objectivs. Allein PP verhält sich zu MM, wie die Entfernung AF zu BF, und von letzterem Verhältnisse hängt die Vergrößerung ab; die Vergrößerung selbst zeigt uns also, wie vielmal das Bündel LP, LP dicker ist, als das Bündel No, No, das in das Auge dringt.

VII. Weil nun die Dicke NN oder oo eine, oder wenigstens eine halbe Linie betragen muß, so muß die Oeffnung des Objectivs mindestens ebenso viele halbe Linien betragen, als die Vergrößerung angibt; vergrößert daher das Instrument 100 Mal, so muß die Oeffnung seines Objectivs 100 halbe oder 50 ganze Linien betragen, was 4 Zoll 2 Linien macht (da der Zoll in 12 Linien getheilt wird).

VIII. Ew. H. erkennen hieraus, daß, um die Dunkelheit zu vermeiden, das Objectiv eine gewisse Breite haben muß, welche um so größer seyn muß, je stärker die Vergrößerung ist. Ist daher das Objectiv, welches man anwenden will, einer so großen Oeffnung nicht fähig, so wird das Fernrohr in Bezug auf Lichtstärke mangelhaft ausfallen.

Es ist nun hinreichend klar, daß man für starke Vergrößerungen keine kleinen Objective anwenden könne, oder solche, deren Brennweite sehr kurz ist, weil Gläser, die von Bogen kleiner Kreise begränzt sind, keine große Oeffnung haben können.

Den 1. März 1762.

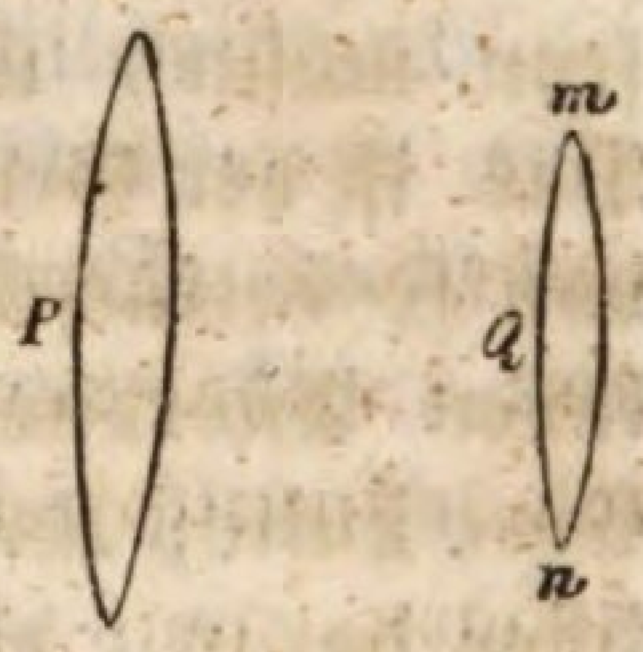
Neunundsechzigster Brief.

Ueber die Oeffnung der Objective.

Ew. H. haben so eben gesehen, daß die Größe oder die Oeffnung des Objectivs durch die Vergrößerung bestimmt wird, wenn die Gegenstände in hinreichendem Grade von Helligkeit gesehen werden sollen. Diese Bestimmung betrifft allerdings nur die Größe oder die Oeffnung des Objectivs, indessen hängt die Brennweite doch auch theilweise hievon ab, so daß auch die Brennweite um so größer genommen werden muß, je größer die Oeffnung des Glases werden soll.

Der Grund hievon ist einleuchtend, weil bei einem Converglase von z. B. 2 Zoll Brennweite seine beiden Flächen aus Kreisbogen gebildet seyn müssen, die ebenfalls ungefähr 2 Zoll Halbmesser haben; zwei solche Gläser P und Q, wo die Bögen mit Halbmessern von 2 Zoll beschrieben sind, habe ich in Fig. 108. abgebildet. Das Glas P ist, als das dickere, auch viel größer, als das andere Q. Allein ich werde in der Folge erklären, daß dicke Gläser andere Nachtheile haben, welche selbst so bedeutend sind, daß man auf ihren Gebrauch gänzlich verzichten muß. Das Glas Q wird daher für die Anwendung geeigneter seyn, da es aus kleinern Bogen desselben Kreises gebildet wird; und da seine Brennweite 2 Zoll beträgt, so wird seine Breite kaum mehr, als 1 Zoll betragen können. Man kann überhaupt als Regel festsetzen, daß die Brennweite eines Glases mehr als zwei Mal so groß seyn müsse, als der Durchmesser mn seiner Fläche, oder die Oeffnung eines Glases muß nothwendig kleiner seyn, als die Hälfte seiner Brennweite.

Fig. 108.



Hieraus folgt, daß, da für hundertmalige Vergrößerung das Objectiv mehr als 4 Zoll Oeffnung hat, dessen Brennweite auch mehr als 8 Zoll betragen muß. Ich werde übrigens bald zeigen, daß selbst das Doppelte noch nicht zureicht, ja daß man hiebei die Brennweite selbst bis auf mehr als 300 Zoll vergrößern muß; die Schärfe der Bilder, von der ich in der Folge reden werde, verlangt dieses; für jetzt aber begnüge ich mich zu bemerken, daß in Berücksichtigung der geometrischen Figur des Glases seine Breite nicht größer seyn kann, als die halbe Brennweite.

Ich will mich daher hier etwas weiter über die Oeffnung des

Objectivs, die für jede Vergrößerung erfordert wird, auslassen, und bemerke nur vorerst, daß, obgleich für einen hinreichenden Grad von Lichtstärke bei hundertmaliger Vergrößerung das Objectiv eines Fernrohrs 4 Zoll Oeffnung haben sollte, man sich bei astronomischen Fernröhren doch mit 3 Zoll begnügt, weil die Verminderung der Lichtstärke dadurch noch nicht merklich wird. Die Künstler haben darum als Regel aufgestellt, daß man für hundertmalige Vergrößerung ein Objectiv von 3 Zoll, und für andere Vergrößerungen von verhältnißmäßig größerer oder kleinerer Oeffnung haben müsse. Für eine fünfzigmalige Vergrößerung reicht daher ein Objectiv von anderthalb Zollen, für fünfundzwanzigfache eines von drei Viertelszollen u. s. f. aus.

Man ersieht hieraus, daß für schwache Vergrößerungen eine sehr kleine Oeffnung des Objectivs genügt, und daß daher auch die Brennweite nur eine mäßige zu seyn braucht. Wollte man aber 200 Mal vergrößern, so müßte die Oeffnung des Objectivs 6 Zoll oder einen halben Fuß betragen, was schon ein sehr großes Glas erfordert, dessen Brennweite mehr als 100 Fuß lang seyn müßte, um reine und scharf begränzte Bilder zu erhalten. Das ist der Grund, warum für starke Vergrößerungen Fernröhren von so beträchtlicher Länge nöthig sind, wenigstens bei der gewöhnlichen Anordnung der Gläser, wie ich sie Ew. H. zu erklären die Ehre hatte; denn seit einiger Zeit arbeitet man mit ziemlichem Erfolge daran, diese allzu große Länge zu vermindern. Uebrigens muß sich die Oeffnung des Objectivs in jedem Falle nach der angegebenen Regel richten, weil hievon nothwendig die Lichtstärke abhängt.

Wollte man daher ein Fernrohr bauen, das 400 Mal vergrößerte, so müßte die Oeffnung seines Objectivs immerhin 12 Zolle oder einen Fuß betragen, so kurz man auch die Brennweite desselben zn machen vermöchte; wollte man aber 4000 Mal vergrößern, so wären hiezu 10 Fuß Oeffnung erforderlich. Ein solches Glas wäre sehr, und wohl zu groß, als daß unsere Künstler dasselbe ausführen könnten. Das ist auch der Hauptgrund, warum wir niemals hoffen dürfen, die Vergrößerung so weit treiben zu können, es müßte denn irgend ein großer Fürst die Kosten für den Guß und die Bearbeitung eines so großen Glases hergeben; vielleicht würde man aber auch dann nicht damit zu Stande kommen.

Indessen müßte uns ein Fernrohr, welches 4000 Mal vergrößerte, viel Wunderbares am Himmel zeigen; der Mond würde uns

4000 Mal größer erscheinen, als wir ihn mit freiem Auge sehen, oder wir würden ihn so sehen, als wäre er uns 4000 Mal näher, als er wirklich ist. Sehen wir einmal, in wie weit wir die verschiedenen Körper auf demselben dadurch unterscheiden könnten. Man schätzt die Entfernung des Mondes auf 52,000 deutsche Meilen, wovon der 4000ste Theil 13 Meilen beträgt; ein solches Fernrohr würde uns daher den Mond so zeigen, als wäre er nur 13 Meilen entfernt, und wir würden daher auf ihm dieselben Dinge unterscheiden können, welche wir an ebenso weit entfernten Gegenständen zu unterscheiden vermögen; von einem Berge aus können wir aber sehr wohl andere Berge sehen, die mehr als 13 Meilen entfernt sind. Es ist daher gewiß, daß wir auf dem Monde eine Menge von Gegenständen entdecken könnten, worüber wir sehr erstaunt seyn würden; allein um zu entscheiden, ob derselbe von den irdischen ähnlichen Geschöpfen bewohnt ist, dazu wäre eine Entfernung von 13 Meilen noch zu groß; hiezu wäre ein noch 10 Mal stärkeres Fernrohr nöthig, welches also im Ganzen 40,000 Mal vergrößert und ein Objectiv von 100 Fuß Oeffnung hätte, was menschliche Kunstfertigkeit nie ausführen wird. Allein durch ein solches Fernrohr würden wir den Mond so sehen, als wäre er nicht weiter von uns, als Berlin von Spandau, und gute Augen könnten dann wohl Menschen darin sehen, wenn solche dort sind, aber immerhin auch dann noch nicht deutlich genug, um vollständig gewiß zu seyn.

Da wir hierin immer nur auf Wünsche beschränkt sind, so wollte ich mir lieber gleich ein Fernrohr wünschen, das 100,000 Mal vergrößert; dann würden wir den Mond so sehen, als wäre er nur eine halbe Meile von uns entfernt. Die Oeffnung eines solchen Fernrohrs müßte 250 Fuß betragen, und die großen Thiere des Mondes würden dadurch für uns sichtbar werden.

Den 6. März 1762.

Siebenzigster Brief.

Ueber die Schärfe der Bilder; über den Zerstreuungsraum, als erste Ursache des Mangels an Schärfe.

Unter den verschiedenen Eigenschaften eines Fernrohrs ist die Schärfe der Bilder so wichtig, daß sie wohl unter denjenigen, von welchen ich Ew. H. bis jetzt Rechenschaft zu geben die Ehre hatte,

den ersten Platz einzunehmen scheint, denn alle Welt stimmt darin überein, daß ein Fernrohr sehr mangelhaft sey, wenn es die Bilder der Gegenstände nicht scharf begränzt zeigt. Ich muß daher vor Allem die Ursachen dieses Mangels an Schärfe darlegen, damit man dann um so erfolgreicher auf Mittel denken könne, denselben abzuhelfen.

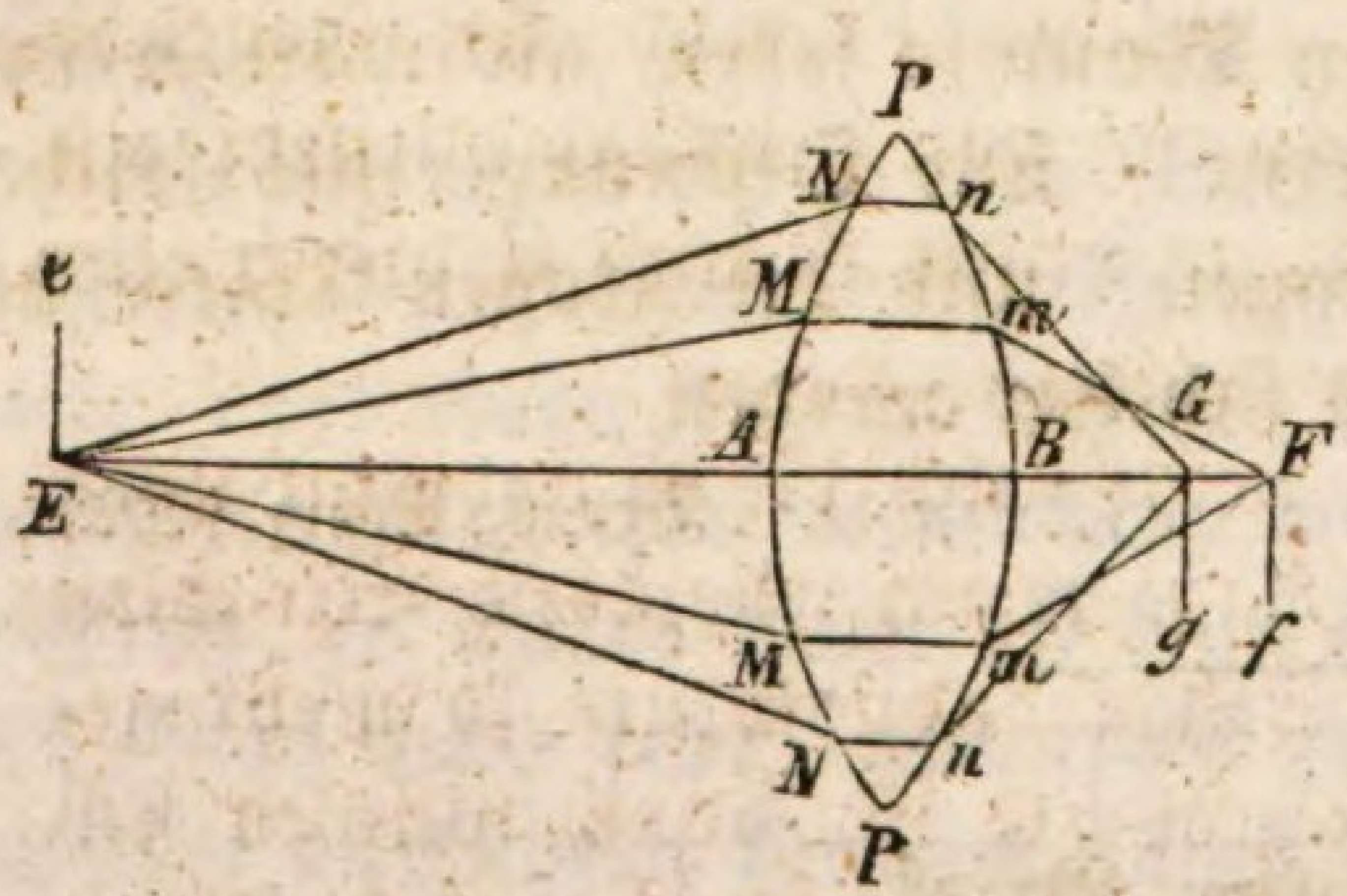
Es scheinen diese Ursachen um so tiefer zu liegen, als die von mir seither aufgestellten Lehrsätze ihren Ursprung nicht zu enthüllen vermögen, und in der That kommt der erwähnte Fehler daher, daß einer der Sätze, auf die ich mich seither stützte, strenge genommen *nicht* ganz wahr ist, obgleich er nur wenig von der Wahrheit abweicht.

Ew. H. erinnern sich, daß ich als einen Grundsatz aufstellte, ein Converglas vereinige alle von einem Punkte des Gegenstandes ausgegangenen Strahlen auch wieder in einem Punkte des Bildes; wäre dieses strenge wahr, so müßten die durch die Gläser erhaltenen Bilder so scharf begränzt seyn, als die Gegenstände selbst, und von dieser Seite wären keine Fehler zu befürchten.

Die Fehlerhaftigkeit des erwähnten Satzes besteht nun darin, daß die Convergläser die behauptete Eigenschaft nur zunächst um ihre Mitte herum besitzen; jene Strahlen, welche gegen den Rand hin durch das Glas gehen, vereinigen sich an einem andern Punkte, als die um die Mitte herum durchgegangenen, obgleich alle von demselben Punkte des Gegenstandes herkommen, und hiedurch entstehen verschiedene Bilder, welche eben die Schärfe wechselseitig stören.

Betrachten wir, um dieses vollständig aufzuklären, das Converglas **PP** (Fig. 109.), in dessen Axe sich der Gegenstand Ee befindet, dessen auf der Axe selbst befindlicher Punkt **E** die Strahlen **EN**, **EM**, **EA**, **EM**, **EN** auf die Fläche des Glases sende. Auf den durch die Brechung abgeänderten Weg dieser Strahlen müssen wir nun unser Augenmerk richten.

Fig. 109.



I. Für's Erste erleidet der Strahl **EA**, der durch die Mitte **A** des Glases geht, keine Brechung, und setzt seinen Weg in derselben Richtung nach der Linie **ABF** fort.

II. Die Strahlen **EM**, **EM**, welche nahe bei **EA** einfallen, erleiden eine kleine Brechung, vermöge welcher sie sich irgendwo in

F mit der Axe wieder vereinigen; und an dieser Stelle befindet sich das Bild Ff, von welchem ich in meinem ersten Briefe über diesen Gegenstand gesprochen habe.

III. Die Strahlen EN, EN, welche weiter von der Axe abstehen, und mehr gegen den Rand hin durch das Glas gehen, erleiden eine etwas verschiedene Brechung, vermöge welcher sie sich nicht in F, sondern in einem andern dem Glase näher liegenden Punkte G vereinigen; diese Strahlen werden also ein anderes, von Ff verschiedenes Bild Gg geben.

IV. Bemerken wir daher wohl diesen besondern Umstand, auf welchen ich früher nicht aufmerksam machte, daß nämlich die gegen den Rand durch das Glas gehenden Strahlen ein anderes Bild, Gg, machen, als jene, welche durch die Mitte MAM des Glases gehen.

V. Wenn die Strahlen EN, EN noch weiter von der Mitte entfernt wären, und durch den Rand PP des Glases selbst giengen, so würde der Punkt ihrer Vereinigung noch näher am Glase liegen, und ein weiteres Bild geben, das sich noch näher am Glase befände, als Gg.

VI. Ew. H. werden hieraus leicht beurtheilen, daß das erste Bild Ff — das Hauptbild genannt — nur von den Strahlen gebildet wird, welche fast unendlich nahe bei der Mitte A durchgehen, und daß die Strahlen, so wie sie weiter von der Mitte weg gegen den Rand hin einfallen, ein besonderes dem Glase näheres Bild machen, bis zuletzt jene, welche dicht beim Rande durchgehen, das letzte Bild Gg hervorbringen.

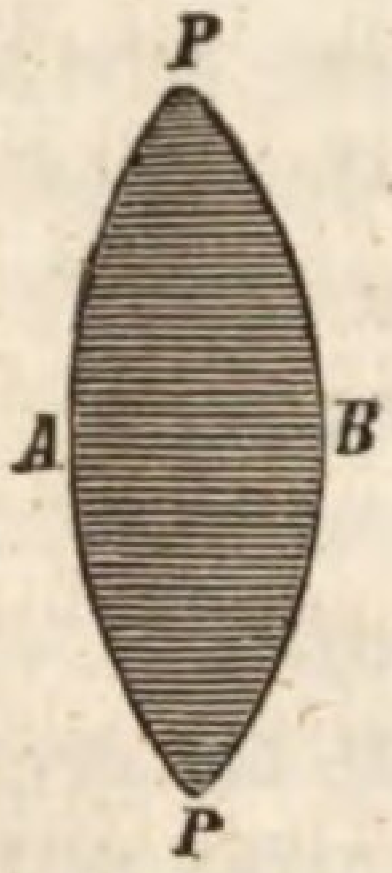
VII. Alle Strahlen also, welche durch das Glas PP gehen, bringen zusammen unendlich viele zwischen Ff und Gg liegende Bilder hervor, und für jede Entfernung von der Axe entsteht ein besonderes Bild, so daß der Raum zwischen F und G durch eine Reihe von Bildern erfüllt ist.

VIII. Diese Reihe von Bildern heißt auch die Abweichung des Bildes, und es ist natürlich, daß, wenn alle diese Strahlen nachher in ein Auge kommen, das Sehen dadurch um so mehr getrübt werden muß, je größer der Raum FG ist, durch welchen sich das Bild verbreitet. Würde dieser Raum auf Null zurückgeführt, so wäre keine Verwirrung oder kein Mangel an Schärfe der Bilder zu befürchten.

IX. Je größere Theile die Bogen PAP und PBP von den Kreisen sind, von welchen sie genommen wurden, desto größer ist auch der Abweichungsraum FG; Ew. H. erkennen hieraus, warum alle

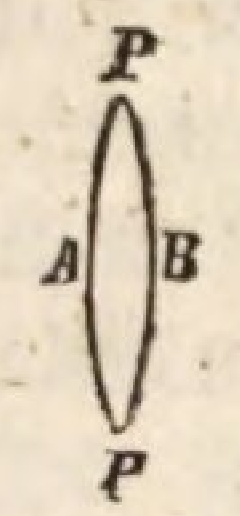
zu dicken Gläser verworfen werden müssen, bei welchen die Bogen, die die Gläser bilden, beträchtliche Theile der Kreise sind. So ist es z. B. in Fig. 110., wo die Bogen PAP, PBP den vierten Theil des ganzen Umfangs enthalten, so daß jeder 90 Grade mißt; dieses würde eine unerträgliche Undeutlichkeit veranlassen.

Fig. 110.



X. Die Bogen, welche die Flächen eines Glases bilden, müssen also viel weniger, als 90 Grade messen; selbst wenn sie nur 60 Grade hätten, wäre die Verwirrung noch unerträglich. Die Schriftsteller über diesen Punkt wollen höchstens 30 Grade zulassen, und einige derselben beschränken sich auf 20. Ein solches Glas ist in Fig. 111. vorgestellt, wo die Bogen PAP und PBP nur 20 Grade messen, indem jeder nur den achtzehnten Theil des Kreisumfangs enthält, von dem er genommen ist.

Fig. 111.



XI. Sollte aber dieses Glas als Objectiv eines Fernrohrs gebraucht werden, so müßten die Bogen PAP, PBP noch viel weniger Grade messen; denn wenn auch die Abweichung des Bildes für sich allein unmerklich ist, so wird dieselbe doch durch die Vergrößerung eben so vielmal größer, als der Gegenstand selbst. Darum muß die Zahl der Grade, welche die Flächen des Glases umfassen, um so kleiner werden, je stärker die Vergrößerung ist.

XII. Ew. H. erinnern sich, daß bei hundertmaliger Vergrößerung das Objectiv 3 Zoll Oeffnung und 360 Zoll Brennweite haben muß, und letzterer sind die Halbmesser der beiden Bogen PAP und PBP gleich; es folgt hieraus, daß jeder dieser beiden Bogen nur einen halben Grad mißt; die Schärfe der Bilder ist es, welche ein so kleines Maaß nöthig macht.

Wollte man zweihundertmal vergrößern, so wäre ein halber Grad noch zu viel; die Größe der Bogen dürfte dann nicht über einen Drittelsgrad steigen. Indessen müßte dieser Bogen doch 6 Zoll messen, und es müßte daher der Halbmesser des Kreises, und folglich auch die Brennweite des Glases um so größer seyn. Das ist der Grund, warum starke Vergrößerungen Fernröhren von so beträchtlicher Länge erfordern.

Den 9. März 1762.

Einundsiebzigster Brief.

Ueber das Verkleinern der Objectivöffnung, und über andere Mittel, den Abweichungsraum zu verkleinern, und ihn selbst ganz verschwinden zu machen.

Ist der Abweichungsraum eines Objectivs zu groß, und wird in Folge dessen der Mangel an Schärfe unerträglich, so kann man diesem Mangel sehr leicht abhelfen; man darf nur das Glas mit einer Scheibe aus Kartenpapier bedecken, welche in der Mitte eine Oeffnung hat, so daß nun das Glas keine andern Strahlen durchlassen kann, als jene, welche durch die Oeffnung kommen, wodurch die übrigen, welche vorher durch den Rand des Glases giengen, ausgeschlossen werden. Da nämlich nun keine andern Strahlen vorhanden sind, als solche, welche nahe bei der Mitte durch das Glas gehen, so wird auch der Abweichungsraum um so kleiner seyn, je kleiner die Oeffnung im Papier ist; man kann auf diesem Wege den Abweichungsraum so klein machen, als man will.

Es ist dann gerade so, als wäre das Glas selbst nicht größer als die Oeffnung, und der von dem Papier bedeckte Theil wird ganz nutzlos, indem nur das Loch im Papier die Oeffnung im Glase bedingt; dieses Mittels bedient man sich auch immer, um den Objectiven gerade so viel Oeffnung zu geben, als man für gut findet.

Fig. 112.

In Fig. 112. stellt PP ein Objectiv dar mit dem davorgesetzten Papiere NN, worin die Oeffnung MM sich befindet, und man sagt nun, das Loch MM sey die Oeffnung des Objectivs. Diese Oeffnung ist hier beinahe halb so groß, als sie ohne das Papier wäre, und es muß demnach der Abweichungsraum viel kleiner seyn; man findet auch, daß in diesem Fall derselbe nur ein Viertheil von jenem ist, der bei unbedecktem Glase stattfindet. Eine andere Oeffnung MM, welche nur ein Drittheil von PP wäre, würde die Abweichung auf ein Neuntheil herunterbringen. Die Wirkung dieses Hilfsmittels ist demnach sehr ansehnlich, und wird schon sehr merklich, wenn die Bedeckung des Objectivs auch nur wenig beträgt.

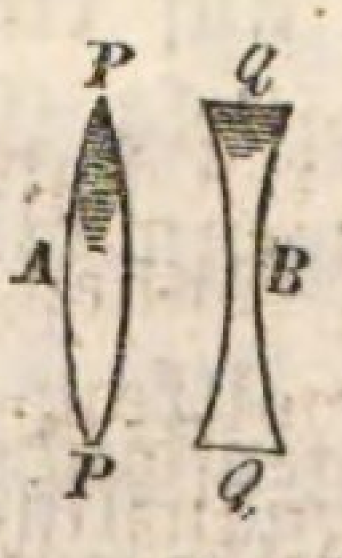
Leidet daher ein Fernrohr an dem Fehler, daß die Gegenstände in demselben nicht scharf begränzt erscheinen, weil eine Reihe von Bildern, die sich mit einander vermengen, nothwendig Verwirrung hervorbringen muß, so braucht man nur die Oeffnung des Objectivs durch ein solches Kartenpapier zu verkleinern, und die Verwirrung wird sicher verschwinden. Allein man erzeugt dadurch einen andern Mangel, der nicht minder lästig ist, indem nämlich

die Lichtstärke dadurch vermindert wird. Ew. H. erinnern sich, daß jede Vergrößerung eine bestimmte Oeffnung des Objectivs erfordert, wenn so viel Lichtstrahlen durchgelassen werden sollen, als zur Hervorbringung einer zureichenden Helligkeit erforderlich sind; es ist daher sehr mißlich, daß man dem einen Uebelstande nur durch Herbeiführung eines andern abhelfen kann. Ein gutes Fernrohr muß durchaus die erforderliche Lichtstärke haben, ohne daß die Schärfe der Bilder dadurch leidet.

Gäbe es denn kein Mittel, um den Abweichungsraum der Objective zu vermindern oder zu vernichten, ohne Verminderung ihrer Oeffnung? Das ist gerade die große Frage, an der seit einiger Zeit gearbeitet wird, und deren Lösung uns für die Dioptrik die entschiedensten Fortschritte verspricht. Ich werde mir daher die Ehre geben, Ew. H. die Mittel zu erläutern, welche von den Gelehrten für genannten Zweck erdacht wurden.

So wie der Brennpunkt bei einem Converglase für Strahlen, welche durch die Mitte gehen, weiter entfernt ist, als für die gegen den Rand hin durchgehenden Strahlen, so hat man bei Concavgläsern gerade das Gegentheil gefunden; dieses gab Veranlassung zu untersuchen, ob es nicht möglich sey, ein Converglas in der Art mit einem Concavglase zu verbinden, daß der Abweichungsraum gänzlich vernichtet würde, und daß das zusammengesetzte Glas im Uebrigen wirkte, wie ein einfaches Objectiv. Ew. H. wissen, daß die Concavgläser eben so nach ihrer Brennweite gemessen werden wie die Convergläser, nur mit dem Unterschiede, daß der Brennpunkt bei den Concavgläsern ein imaginärer ist und vor das Glas fällt, während derselbe bei den Convergläsern reell ist und hinter dieselben fällt. Dieses vorausgesetzt, schließt man auf folgende Weise.

Fig. 113.

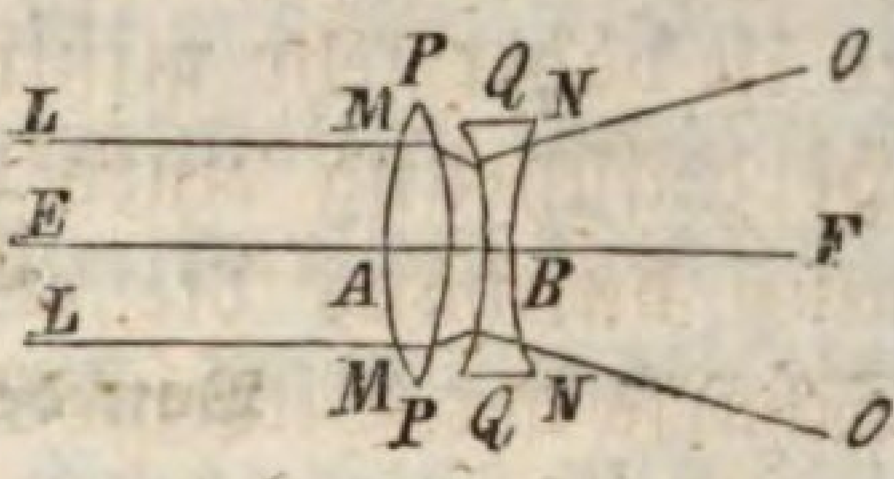


I. Bringt man hinter ein Converglas PAP (Fig. 113.) ein Concavglas QBQ von derselben Brennweite, so werden die Strahlen, welche das Converglas in seinem Brennpunkte vereinigen würde, durch das Concavglas so gebrochen, daß sie wieder unter sich parallel werden, gerade so wie sie vor ihrem Eintritt in das Converglas waren.

II. In diesem Falle hebt also das Concavglas die Wirkung des converen auf, und der Erfolg ist gerade so, als wenn die Strahlen ihren natürlichen Weg ohne alle Brechung fortsetzten; denn da das Concavglas seinen Brennpunkt in demselben Punkte F hat, so stellt es den Parallelismus für die Strahlen wieder her, welche in F zusammenlaufen wollen.

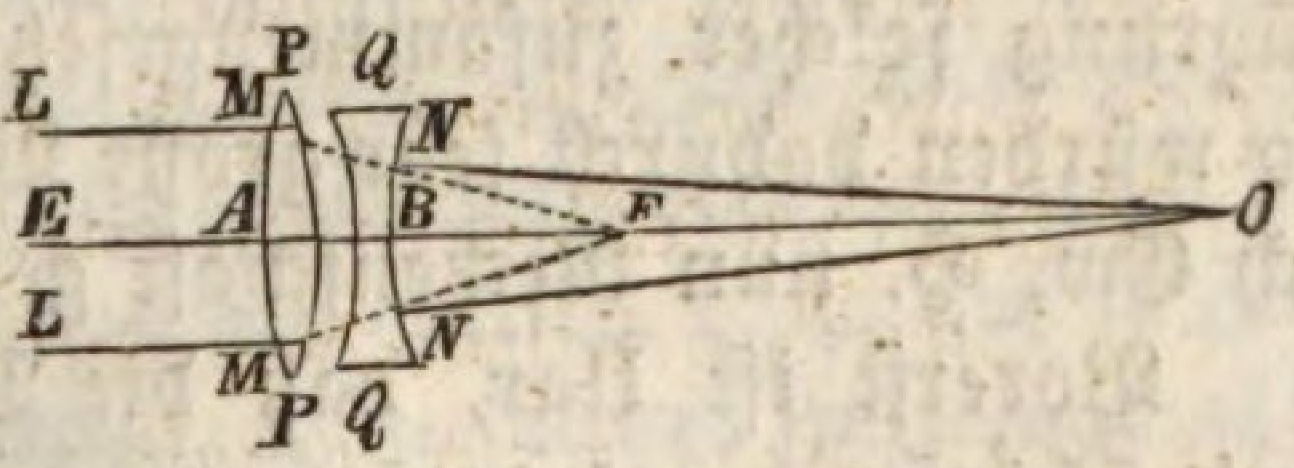
III. Wäre die Brennweite des Concavglases kleiner, als jene des convexen, so wäre seine Wirkung die größere, und es würde die Strahlen divergirend machen, wie in Fig. 114., wo die parallelen Strahlen LM, EA, LM, nachdem sie durch beide Gläser gegangen, die Richtungen NO, BF, NO einschlagen, welche unter sich divergirend sind. Diese zwei Gläser werden daher vereint dieselbe Wirkung hervorbringen, wie ein bestimmtes einfaches Concavglas, das parallel einfallende Strahlen zu derselben Divergenz brächte. Zwei solche Gläser, wovon das concave eine kleinere Brennweite hat als das convexe, haben daher vereint dieselbe Wirkung wie ein einziges Concavglas.

Fig. 114.



IV. Hat aber das Concavglas QQ (Fig. 115.) eine größere Brennweite, als das convexe PP, so reicht seine Wirkung nicht mehr hin, um die Strahlen parallel zu machen, welche das Converglas in seinem Brennpunkte F vereinigen will; diese Strahlen bleiben daher convergirend, aber ihre Convergenz wird durch das Concavglas so vermindert, daß dieselben, anstatt sich in F zu vereinigen, erst in einem entfernten Punkte O zusammen kommen.

Fig. 115.



V. Diese zwei Gläser bringen daher zusammen dieselbe Wirkung hervor, wie ein einfaches Converglas, welches seinen Brennpunkt in O hat, weil ein solches Glas die parallelen Strahlen LM, EA, LM in demselben Punkte vereinigen würde. Es geht hieraus hervor, daß es unendlich viele verschiedene Verbindungen zweier Gläser gibt, das eine convex, das andere concav, deren vereinte Wirkung einem gegebenen Converglase gleich kommt.

VI. Ein solches Doppelobjectiv wird daher in Fernröhren statt des mit ihm gleichwirkenden einfachen angewendet werden können, und die Wirkung wird in Bezug auf die Vergrößerung vollkommen dieselbe seyn. Allein die Abweichung wird dabei gänzlich geändert werden, und es kann sich treffen, daß sie größer oder kleiner wird, als beim einfachen Objective. In letzterm Falle wird das Doppelobjectiv dem einfachen weit vorzuziehen seyn.

VII. Noch mehr, man hat gefunden, es sey möglich, solche Anordnungen beider Gläser zu treffen, daß die Abweichung auf Null gebracht wird, was unstreitig der vortheilhafteste Fall für

die Fernröhren ist. Die Rechnung lehrt uns wohl diese Anordnung kennen, allein die Künstler sind noch nicht geschickt genug, dieselben auszuführen. Den 13. März 1762.

Zweiundsiebzigster Brief.

Von den zusammengesetzten Objectiven.

Eine solche Verbindung zweier Gläser, von der ich im Vorhergehenden Ew. Hoheit einen Begriff gegeben habe, heißt ein *zusammengesetztes Objectiv*, und sein Zweck ist, alle Strahlen, sowohl jene, welche durch dessen Mitte, als jene, welche durch den Rand gehen, in einem einzigen Punkte zu vereinigen, so daß ein einziges Bild entsteht, ohne alle Abweichung, wie sie bei den einfachen Objectiven eintritt. Könnten die Künstler mit der Ausführung solcher zusammengesetzter Objective zu Stande kommen, so würden dadurch sehr große Vortheile erreicht werden, von denen ich Ew. H. nun Rechenschaft geben will.

Vorerst ist klar, daß die Darstellung der Gegenstände reiner und schärfer begränzt seyn werde, weil nun das Sehen nicht mehr durch jene Reihe von Bildern gestört wird, die den Abweichungsraum bei den einfachen Objectiven einnehmen. Da ferner der Abweichungsraum die einzige Ursache ist, um derentwillen wir, damit ihre schädliche Wirkung unmerklich werde, den einfachen Objectiven so außerordentlich große Brennweiten geben müssen, so werden wir bei der Anwendung zusammengesetzter Objective dieses unbequeme Auskunftsmittel entbehren und unvergleichbar kürzere Fernröhren machen können, welche dennoch dieselbe Vergrößerung geben.

Bei hundertmaliger Vergrößerung durch ein einfaches Objectiv darf seine Brennweite nicht unter 30 Fuß betragen, und die ganze Länge des Fernrohrs wird des Oculars wegen noch größer, da die Brennweite desselben zu jener des Objectivs addirt werden muß; ein kleineres Objectiv aber würde seines größeren Abweichungsraumes wegen eine unerträgliche Undeutlichkeit hervorbringen. Allein eine Länge von 30 Fuß ist nicht nur sehr unbequem, sondern es gelingen auch den Künstlern nur selten Objective von so großer Brennweite; Ew. H. werden den Grund hiefür leicht einsehen, da der Halbmesser der Flächen eines solchen Glases ebenfalls 30 Fuß betragen muß; es ist aber sehr schwierig, einen so

großen Kreis genau zu beschreiben, und der mindeste Fehler macht die ganze Arbeit vergeblich.

Solche Zufälle sind aber bei der Verfertigung zusammengesetzter Objective weniger zu fürchten, da sie nach kleinern Kreisen gebildet werden können, wenn sie nur noch die zur Vergrößerung erforderliche Oeffnung erreichen. Für hundertmalige Vergrößerung bedarf, wie wir gesehen haben, das Objectiv einer Oeffnung von 3 Zoll; allein man könnte sehr wohl ein zusammengesetztes Objectiv anfertigen, welches nur 100 Zoll Brennweite und dennoch mehr als 3 Zoll Oeffnung hätte; weil nun die Brennweite des Oculars hundertmal kleiner seyn müßte, so betrüge sie einen Zoll und die Entfernung beider Gläser, welche der Summe ihrer Brennweite gleich seyn muß, 101 Zoll, d. i. 8 Fuß 5 Zoll, was bedeutend weniger ist als 30 Fuß.

Allein es scheint, daß ein zusammengesetztes Objectiv von nur 50 Zoll Brennweite noch 3 Zoll, und selbst mehr Oeffnung haben könnte; nähme man daher ein Ocular von 1/2 Zoll Brennweite, so würde man doch hundertmalige Vergrößerung erhalten, und die Länge des ganzen Fernrohrs wäre auf die Hälfte, d. h. auf 4 Fuß und beinahe 3 Zoll herunter gebracht. Ein solches Fernrohr gäbe also dieselbe Wirkung, wie ein gewöhnliches von 30 Fuß, was unstreitig der größte Vortheil wäre, den man nur wünschen könnte.

Käme man mit solchen zusammengesetzten Objectiven zu Stande, so dürfte man nur alle Maaße verdoppeln, um eines von 6 Zoll Oeffnung zu erhalten; dieses könnte man dann gebrauchen um zweihundertmal zu vergrößern, wenn man ein Ocular von einem halben Zoll Brennweite nähme, als dem zweihundertsten Theile der Brennweite des Objectivs, welche 100 Zolle betrüge. Aber ein gewöhnliches Fernrohr, das zweihundertmal vergrößert, ist länger als 100 Fuß, während das eben bezeichnete mit dem zusammengesetzten Objective nur etwa 8 Fuß lang wäre, und in der Anwendung noch recht bequem gebraucht werden könnte, während ein Fernrohr von 100 Fuß eine fast ganz nutzlose Last ist.

Allein man könnte die Sache noch weiter treiben und die Maaße abermals verdoppeln, um ein zusammengesetztes Objectiv von 200 Zollen oder 16 Fuß 8 Zoll zu erhalten, welches einer Oeffnung von 12 Zoll oder von einem Fuß fähig wäre; nähme man dann ein Ocular von einem halben Zolle Brennweite, weil 200 Zolle 400 halbe Zolle haben, so bekäme man ein Fernrohr, welches vierhundertmal vergrößerte, und noch sehr wohl zu handhaben wäre, da es noch unter 17 Fuß

Länge bliebe. Wollte man dieselbe Vergrößerung durch ein einfaches Objectiv erhalten, so müßte die Länge des Fernrohrs mehr als 300 Fuß betragen; aber ein solches Fernrohr wäre seiner erstaunlichen Länge wegen ganz unbrauchbar.

Zu Paris hat man ein Fernrohr von 120 Fuß, und zu London eines von 130 Fuß, allein die furchtbaren Schwierigkeiten der Aufstellung und Lenkung derselben vernichten beinahe die Vortheile, die man sich von ihnen versprach. Ew. H. können hieraus leicht beurtheilen, wie wichtig es wäre, wenn man mit der Ausführung der so eben besprochenen zusammengesetzten Objective zu Stande käme. Ich hatte hiezu bereits vor mehreren Jahren die erste Idee gegeben, und seit dieser Zeit beschäftigen sich die geschicktesten Künstler von England und Frankreich mit deren Ausführung; die Sache erfordert aber mancherlei Versuche und von Seite des Arbeiters große Geschicklichkeit, und obgleich ich durch den Mechanikus unserer Akademie nicht ohne Erfolg einige derartige Versuche machen ließ, so nöthigten mich doch die mit einem solchen Unternehmen verbundenen Unkosten, darauf zu verzichten.

Allein im vergangenen Jahre hat die Academie der Wissenschaften zu London bekannt gemacht, daß ein sehr geschickter Künstler, Namens Dolland, glücklich zum Ziele gelangt sey, und gegenwärtig bewundert man überall seine Fernröhren. Zu Paris rühmt sich ein ebenfalls geschickter Künstler, Namens Passement, des gleichen Erfolgs. Beide hatten mir früher die Ehre angethan, mit mir einen Briefwechsel über diesen Gegenstand zu unterhalten; da es sich aber vorzüglich um die Ueberwindung einiger großen Schwierigkeiten der Ausführung handelte, womit ich mich niemals abgab, so überlasse ich ihnen billig den Ruhm der Entdeckung; nur der theoretische Theil gehört mir an, und er hat mir viele tiefe Untersuchungen und die mühsamsten Rechnungen gekostet, deren bloßer Anblick Ew. H. erschrecken würde; darum werde ich mich wohl hüten, Sie mit diesem schwierigen Gegenstande unterhalten zu wollen.

Den 16. März 1762.

Dreiundsiebzigster Brief.

Ueber die Form der einfachen Objective.

Um jedoch Ew. H. einige Vorstellung von den Untersuchungen zu geben, die mich zu der Construction zusammengesetzter Objective

führten, muß ich mit der Form der einfachen Objective beginnen. Es ist hiebei zu bemerken, daß die beiden Flächen eines Converglases auf unendlich vielerlei Arten geformt seyn können, indem man die Kreise, von welchen die Flächen des Glases Theile bilden, unter sich gleich oder ungleich nimmt; doch so, daß dennoch die Brennweite stets dieselbe bleibe.

Gewöhnlich gibt man beiden Flächen eines Glases dieselbe Gestalt, oder, da man dieselben durch Kreisbogen darstellt, man gibt beiden Flächen gleiche Halbmesser. Ohne Zweifel hat die Bequemlichkeit in der Ausführung dieses empfohlen, weil man sich dabei derselben Schleifschale für beide Flächen bedienen kann, und die meisten Arbeiter nur mit einer kleinen Anzahl solcher Schalen versehen sind.

Nehmen wir nun an, die beiden Flächen eines Converglases seyen in derselben Schale von 24 Zoll Halbmesser geschliffen, so daß also jede Fläche ein Kreisbogen sey, dessen Halbmesser 24 Zoll beträgt. Ein solches Glas heißt ein beiderseits gleich converes, und es wird nach der gewöhnlichen Annahme 24 Zoll Brennweite haben; da aber die Brennweite von der brechenden Kraft des Glases abhängt, und diese bei den verschiedenen Glassorten nicht durchaus dieselbe ist, sondern sich ziemlich beträchtliche Unterschiede in dieser Beziehung finden, je nachdem das Glas mehr oder weniger weiß und hart ist, so ist diese Schätzung der Brennweite strenge genommen nicht ganz richtig. Meistens ist die Brennweite des Glases etwas kleiner, als der Halbmesser seiner Flächen und zwar bald um ein Zehntel, bald um ein Zwölftel; demnach würde also das erwähnte Glas, dessen beide Flächen 24 Zoll Halbmesser haben, eine Brennweite von etwa 22 Zoll besitzen, vorausgesetzt, daß es aus gewöhnlichem Spiegelglase gearbeitet wäre, obgleich auch unter dieser Glassorte sich noch kleine Verschiedenheiten in Bezug auf die Brechung vorfinden.

Wollte man aber die beiden Flächen ungleich machen, so könnte man unzählige andere Gläser angeben, die alle 24 Zoll Brennweite haben; würde man nämlich den Halbmesser der einen Fläche kleiner machen als 24 Zoll, so nähme man dafür den andern in einem gewissen Verhältnisse größer. Immer kann man den einen Halbmesser willkürlich annehmen, und hiezu nach einer gewissen Regel für die andere Fläche einen solchen Halbmesser finden, daß die Brennweite dieselbe bleibt, als wenn beide Flächen 24 Zoll

Halbmesser hätten. Die folgende Tabelle enthält mehrere solche Gläser, welche alle dieselbe Brennweite haben.

Gläser		I,	II,	III,	IV,	V,	VI,	VII,	VIII,	IX,
Halbmesser der	ersten Fläche	24,	21,	20,	18,	16,	15,	14,	13,	12.
	zweiten Fläche	24,	28,	30,	36,	48,	60,	84,	156,	unendl.

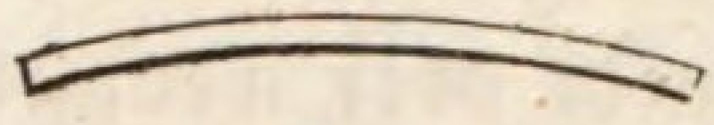
Bei der letzten Form hat der Halbmesser der einen Fläche nur 12, oder die Hälfte von 24 Zoll; allein der Halbmesser der andern wird dafür unendlich groß, oder diese Fläche ist ein Bogen von einem unendlich großen Kreise; da aber ein solcher Bogen nicht mehr von einer geraden Linie verschieden ist, so wird diese Fläche eben, und das Glas planconvex seyn.

Wollten wir den Halbmesser der einen Fläche noch kleiner, als zu 12 Zoll, nehmen, so müßte die andere Fläche concav seyn, und das Glas würde ein concav-convexes, und den Namen Meniskus erhalten. Hier folgen auch mehrere Formen solcher Gläser:

Meniskus		X,	XI,	XII,	XIII,	XIV,	XV,	XVI.
Halbmesser der	converen Fläche	11,	10,	9,	8,	6,	4,	3.
	concaven Fläche	132,	60,	36,	24,	12,	6,	4.

Wir haben hier also eine neue Art von Gläsern, deren letztes in Fig. 116. abgebildet ist, so daß wir im Ganzen 16 verschiedene Arten haben, welchen allen dieselbe Brennweite von ohngefähr 22 Zollen zukommt, oder von ein wenig mehr oder minder, je nach der Beschaffenheit der Glassorte.

Fig. 116.



Handelt es sich daher nur um die Brennweite des Glases, so ist es gleichgültig, nach welcher dieser Formen man dasselbe bearbeitet; allein in Bezug auf den Abweichungsraum, der jeder Art zukommt, findet sich eine große Verschiedenheit, indem derselbe bei den einen kleiner ist, als bei den andern. Will man, wie gewöhnlich, ein einfaches Objectiv anwenden, so ist es daher nicht mehr gleichgültig, welche dieser Formen man wählt, und jene wird vorzuziehen seyn, welche die kleinste Abweichung gibt. Diese gute Eigenschaft kommt aber gerade der ersten, wo beide Flächen gleich convex sind, nicht zu, sondern etwa die siebente hat den Vorzug, daß wenn man ihre convexere Seite, oder jene, die den kleinsten Halbmesser hat, dem Gegenstand zukehrt, der Abweichungsraum nur ohngefähr halb so groß ist, als wenn das Glas beiderseits gleich convex wäre; dieses ist also die vortheilhafteste Figur für einfache Objective, und darüber sind auch die Praktiker einig.

Es ist hieraus klar, daß es nicht genüge, die Brennweite eines

Glases zu kennen, um über den Abweichungsraum desselben zu urtheilen, sondern es muß hiebei auch seine Form berücksichtigt werden, d. h. der Halbmesser einer jeden Fläche, sowie der Umstand, welche Seite dem Gegenstand zugekehrt ist.

Nach dieser Erklärung bemerke ich nun, daß man durchaus der Figur beider Flächen der Gläser Rechnung zu tragen habe, um die Verbindung zweier solcher Gläser aufzusuchen, welche gar keine Zerstreuung des Bildes geben, und daß man dabei folgende Aufgabe zu lösen habe: Welche Halbmesser müssen die Flächen beider Gläser haben, wenn die Abweichung auf Null gebracht werden soll? Die Lösung dieser Aufgabe erfordert die tiefsten Untersuchungen der höheren Geometrie; allein wenn man auch zum Zwecke gelangt ist, so findet der Künstler doch noch viele Schwierigkeiten zu überwinden. Er muß nämlich den Schalen genau dieselbe Krümmung geben, welche die Rechnung lehrt, und das ist noch nicht einmal ausreichend; denn während man ein Glas in der Schale bearbeitet, um ihm die erforderliche Figur zu geben, leidet auch die Schale selbst. Man ist daher genöthigt, die Schale von Zeit zu Zeit wieder zu berichtigen und zwar mit der größten Genauigkeit. Fehlt man bei einer dieser Vorsichtsmaßregeln, so kann man sich keinen glücklichen Erfolg versprechen; auch ist es sehr schwer zu verhüten, daß das Glas eine etwas von der Schale abweichende Form annehme. Ew. H. werden hieraus leicht ersehen, wie schwierig es ist, diesen wichtigen Punkt der Dioptrik zu seiner Vollkommenheit zu bringen. Den 20. März 1762.

Vierundsiebzigster Brief.

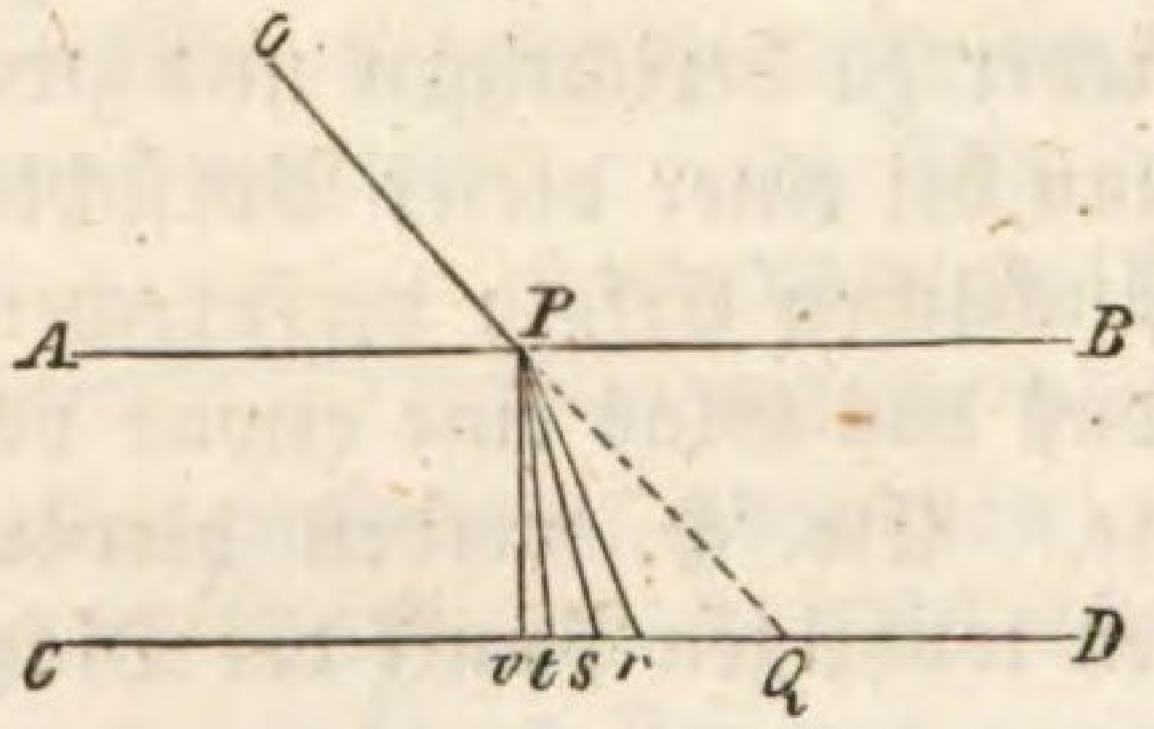
Zweite Quelle des Mangels an Schärfe bei den Bildern der Fernröhren. Ueber die ungleiche Brechbarkeit der Lichtstrahlen.

Ew. H. haben so eben gesehen, auf welche Weise dem Uebelstande abgeholfen werden muß, daß die Strahlen, welche durch den Rand der Gläser gehen, sich nicht in demselben Punkte vereinigen, wie jene, welche durch dessen Mitte gehen, in Folge dessen eine Unzahl von Bildern entsteht, die den Abweichungsraum einnehmen. Aber dieser Uebelstand ist nicht der einzige, dem die Gläser unterworfen sind; es gibt nämlich noch einen andern, der um so wichtiger ist, weil es unmöglich zu seyn scheint, demselben abzuhelfen, indem die Ursache davon nicht in den Gläsern, sondern in den Lichtstrahlen selbst liegt.

Ew. H. erinnern sich, daß unter den Strahlen in Bezug auf die verschiedenen Farben, die sie in unserer Empfindung hervorrufen, eine große Mannigfaltigkeit herrscht; — ich habe diese Verschiedenheit mit jener verglichen, welche sich bei den Tönen zeigt, indem ich als Grundsatz aufstellte, daß jede Farbe durch eine gewisse Zahl von Schwingungen bedingt sey. Wenn aber auch diese Erklärung noch zweifelhaft wäre, so bleibt es deßwegen doch gewiß, daß die Strahlen von verschiedenen Farben ungleich gebrochen werden, wenn sie aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes übergehen; so erleiden hiebei die rothen Strahlen die geringste, die violetten aber die stärkste Brechung, obgleich der Unterschied kaum merklich ist; alle andern Farben aber, wie das Pomeranzengelb, das Gelb, das Grün und das Blau, liegen in Bezug auf die Brechung zwischen diesen Grenzen. Es ist ferner zu bemerken, daß weiß eine Mischung aller verschiedenen Farben ist, welche durch die Brechung sich von einander scheiden.

Läßt man nämlich auf ein Stück weißes Glas ABCD (Fig. 117.) einen weißen Lichtstrahl oder einen Sonnenstrahl OP schief auffallen, so wird derselbe, anstatt seinen Weg in der Richtung PQ fortzusetzen, nicht nur abgelenkt werden, sondern er theilt sich auch in mehrere Strahlen Pr, Ps, Pt, Pu, deren erster Pr, welcher am wenigsten abgelenkt ist, die rothe, und deren letzter, am meisten abgelenkter Pu, die violette Farbe gibt. Die Zerstreuung ru der Strahlen ist allerdings viel geringer, als die Figur zeigt, indessen wird ihre Divergenz mit der Dicke des Glases immer merklicher.

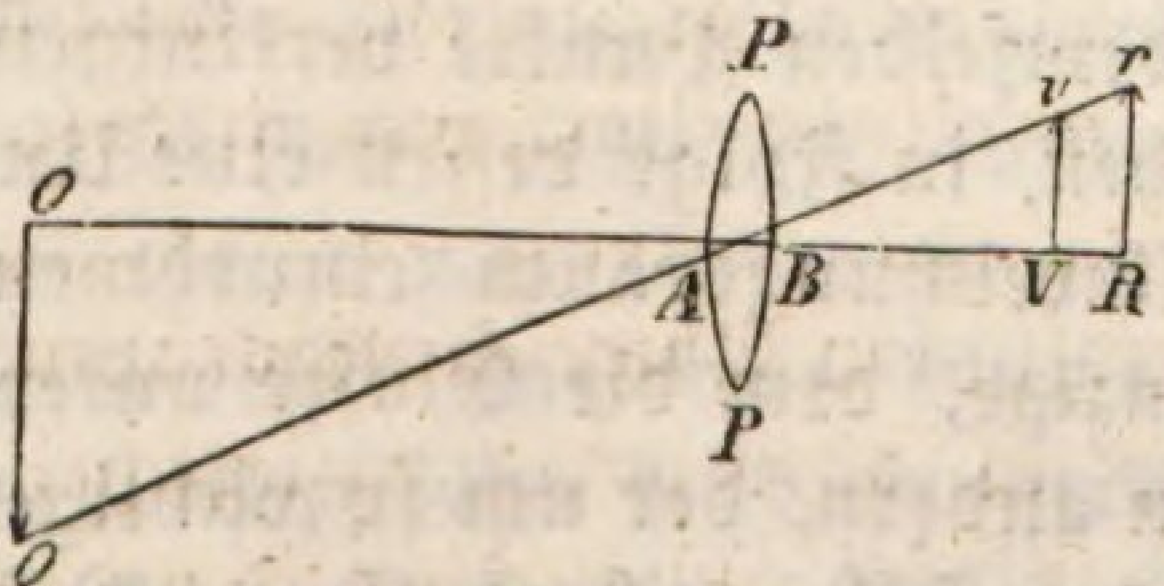
Fig. 117.



Durch diese nach ihrer Farbe ungleiche Brechbarkeit der Lichtstrahlen entstehen für die dioptrischen Gläser folgende Erscheinungen.

I. Es sey PP (Fig. 118.) ein Converglas, auf dessen Axe OR sich in der sehr großen Entfernung AO der Gegenstand Oo befinde, dessen durch das Glas dargestelltes Bild bestimmt werden soll; von der zuerst angeführten Unregelmäßigkeit, welche die ungleiche Brechung durch die verschiedenen Theile des Glases betrifft — von der Abweichung — soll dabei Umgang genommen werden; oder, was

Fig. 118.



dasselbe ist, wir werden nur die Strahlen hier berücksichtigen, welche durch die Mitte AB des Glases gehen, gerade wie wenn sein Rand mit Kartenpapier bedeckt wäre.

II. Nehmen wir nun an, der Gegenstand Oo sey roth, so daß also alle seine Strahlen von derselben Art sind, und das Glas wird irgendwo ein ebenfalls rothes Bild Rr von demselben machen; der Punkt R heißt dann der Brennpunkt der rothen, oder jener Strahlen, welche am wenigsten gebrochen werden.

III. Ist aber der Gegenstand Oo violett, so wird, weil die violetten Strahlen am stärksten gebrochen werden, das Bild Vv näher am Glase seyn, als das vorhergehende Rr; der Punkt V heißt der Brennpunkt der violetten Strahlen.

IV. Hätte der Gegenstand irgend eine andere zwischen Roth und Violett liegende Farbe, so würde das Bild zwischen R und V fallen, aber immer scharf und durch die Gerade Bo begränzt seyn, welche von dem Ende o des Gegenstandes durch die Mitte des Glases gezogen ist, indem diese Regel allgemein für alle Farben gilt.

V. Wäre aber die Farbe des Gegenstandes keine reine, wie dieses fast bei allen Körpern der Fall ist, oder wäre der Gegenstand Oo weiß, welches eine Mischung aus allen Farben ist, dann würden die verschiedenen Arten von Strahlen durch die Brechung getrennt werden, und jede würde ein Bild für sich hervorbringen. Jenes von den rothen Strahlen befände sich in Rr, und das der violeten in Vv, der ganze Raum RV aber wäre mit Bildern von verschiedenen Farben erfüllt.

VI. Das Glas PP wird daher von jedem Gegenstande Oo unzählige Bilder machen, welche in dem Raume RV vertheilt sind; das vom Glase entfernteste Rr ist roth, das nächste Vv violet, und die mittleren von mittlern Farben in der Ordnung, wie wir dieselben am Regenbogen sehen.

VII. Jedes dieser Bilder wird für sich betrachtet scharf und jedes von der Linie oBvr begränzt seyn, welche durch das Ende o des Gegenstandes und die Mitte B des Glases gezogen ist. Allein alle zusammen werden nicht ohne eine merkliche Verwirrung gesehen werden können.

VIII. Es entsteht also hiedurch ebenfalls ein Abweichungsraum, wie bei der ersten Unregelmäßigkeit, der sich aber darin unterscheidet, daß er nicht von der Oeffnung des Glases abhängt, und jedes Bild eine besondere Farbe hat; er heißt der Zerstreuungsraum.

IX. Dieser Zerstreuungsraum RV hängt von der Brennweite

des Glases so ab, daß er immer ungefähr den achtundzwanzigsten Theil davon beträgt; hat also das Glas PP 28 Fuß Brennweite, so wird der Raum RV einen ganzen Fuß betragen, oder die Entfernung zwischen dem rothen Bilde Rr und dem violetten Vv mißt einen Fuß. Wäre die Brennweite doppelt so groß, oder hätte sie 56 Fuß, so wäre der Raum RV gleich zwei Fuß u. s. f.

X. Dadurch wird die Schätzung der Brennweite eines Glases unsicher, da die Strahlen jeder Farbe ihren besondern Brennpunkt haben; und wenn man daher von dem Brennpunkt eines Glases redet, so muß man immer beifügen, welche Farbe gemeint ist. Gewöhnlich aber meint man dabei Strahlen einer zwischen Roth und Violett in der Mitte liegenden Farbe, welches die grüne ist.

XI. Sagt man daher, ohne weitern Beisatz, die Brennweite dieses Glases beträgt z. B. 56 Fuß, so muß man dieses so verstehen, daß das grüne Bild in diese Entfernung fällt; das rothe Bild steht dann ungefähr um einen Fuß mehr, das violette um einen Fuß weniger vom Glase ab.

Hier haben wir also einen neuen sehr wesentlichen Umstand, den man bei den dioptrischen Instrumenten berücksichtigen muß.

Den 23. März 1762.

Fünfundsiebzigster Brief.

Ueber ein Mittel, diesem Fehler abzuhelfen, durch Anwendung von aus Wasser und Glas zusammengesetzten Objectiven.

Man muß die Zerstreuung, oder jene Vervielfältigung des Bildes, welche von der ungleichen Brechbarkeit der Lichtstrahlen, insoferne sie verschiedeue Farben haben, herkommt, wohl von der Abweichung unterscheiden, die ihren Grund in der Oeffnung des Glases hat, d. h. darin, daß die nahe am Rande durchgehenden Strahlen ein anderes Bild geben, als jene, welche durch die Mitte gehen [1]; auch muß man jenem neuen Uebelstande auf ganz andere Weise begegnen, als dem frühern.

Ew. H. werden sich wohl erinnern, daß ich zwei Mittel vorgeschlagen habe, um dem frühern Uebelstande abzuhelfen. Das eine bestund in Vergrößerung der Brennweite, um dadurch die Krüm-

[1] Diese letztere heißt die Abweichung wegen der Kugelgestalt (des Glases), und jene, welche von der ungleichen Brechbarkeit verschieden gefärbter Strahlen herrührt: Abweichung wegen der Farbenzerstreuung.

mung der Gläser zu vermindern; dieses Mittel führt uns zu Fernröhren von außerordentlicher Länge, wenn starke Vergrößerung verlangt wird. Das zweite Mittel bestund in der Verbindung zweier Gläser, eines converen und eines concaven, um die Brechung so zu mäßigen, daß alle durch das Glas gehenden Strahlen in einem Punkte vereinigt werden und die Abweichung Null wird.

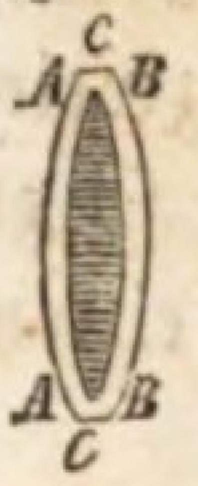
Aber weder das eine noch das andere Mittel gewährt uns Hilfe gegen den neuen Uebelstand der ungleichen Brechbarkeit der Strahlen. Das erste hat sogar noch einen schädlichen Einfluß, weil der Zerstreuungsraum mit der Brennweite wächst; die Verbindung mehrerer Gläser hilft ebenfalls nicht, und man hat sowohl durch die Erfahrung als durch die Theorie gefunden, daß die Bilder der verschiedenen Farben immer getrennt bleiben, so groß auch die Zahl der Gläser sey, durch welche man die Strahlen gehen läßt, und daß der Unterschied um so größer wird, je mehr das Fernrohr vergrößern soll.

Dieser Mangel hat den großen Newton dermaßen erschreckt, daß er daran verzweifelte, demselben je abhelfen zu können, indem er ihn als unzertrennlich von allen dioptrischen Instrumenten, d. h. wo das Sehen durch gebrochene Strahlen geschieht, ansah. Er verzichtete deßhalb gänzlich auf die Brechung und beschloß, Spiegel statt der Objectivgläser zu gebrauchen, weil alle Strahlen bei der Zurückwerfung dasselbe Gesetz befolgen. Diese Idee verschaffte uns später die so ausgezeichneten Reflexionsteleskope, deren überraschende Wirkung Jedermann bewundert, und von welchen ich ein anderes Mal besonders reden werde, wenn ich all' das erklärt habe, was sich auf die Instrumente mit Brechung bezieht.

Nachdem ich überzeugt war, es sey unmöglich, der ungleichen Brechbarkeit der Strahlen durch die Verbindung verschiedener Gläser abzuhelfen, bemerkte ich, daß der Grund hievon in dm Brechungsgesetze liege, welches eben für alle Glasarten dasselbe ist; und ich überzeugte mich, daß wenn man andere durchsichtige Stoffe, deren brechende Kraft hinlänglich von der des Glases verschieden wäre, anwenden könnte, es wohl möglich wäre, einen solchen Stoff so mit dem Glase zu verbinden, daß alle verschiedenen Strahlen sich in einem einzigen Bilde vereinigten ohne alle Zerstreuung. Ich habe sodann diesen Gedanken weiter verfolgt und Mittel gefunden, Objective aus Wasser und Glas zusammensetzen, welche vollkommen von der Farbenzerstreuung befreit waren, und welche daher eben so gute Wirkung thun mußten, als Newtons Spiegel.

Diesen Gedanken aber führte ich durch zwei Menisken oder Concavconvergläser (Fig. 119.) aus, deren eines AACC, das andre BBCC ist, die ich mit ihren concaven Flächen gegeneinander befestigte, und den dazwischen bleibenden leeren Raum mit Wasser ausfüllte; es mußten also die durch das Glas AACC eintretenden Strahlen vorher durch das Wasser gehen, ehe sie durch das Glas BBCC austreten konnten. Jeder Strahl wird also viermal gebrochen, einmal beim Eintreten aus der Luft in das Glas AACC, das zweite Mal beim Uebergange aus Glas in Wasser, dann wieder beim Eintritte aus dem Wasser in das andere Glas CCBB, und endlich bei seinem Austritte aus diesem Glase in die Luft.

Fig. 119.



Da hier die vier Flächen der beiden Gläser in Betracht gezogen werden, so habe ich Mittel gefunden, die Halbmesser dieser vier Flächen in der Art zu bestimmen, daß alle Strahlen, welche Farbe sie auch haben, nachdem sie die vier Brechungen erlitten haben, sich in demselben Punkte vereinigen, und dennoch die ungleiche Brechbarkeit derselben nicht mehr verschiedene Bilder erzeugt.

Diese aus zwei Gläsern und Wasser zusammengesetzten Objective waren anfänglich zu sehr dem ersten Uebelstande unterworfen, indem die beim Rande durchgegangenen Strahlen stark von den mittlern abwichen; allein nach sehr mühsamen Untersuchungen gelang es mir, die Halbmesser der vier Flächen so zu bestimmen, daß diese zusammengesetzten Objective zugleich von beiden Fehlern — der Abweichung und der Farbenzerstreuung — befreit seyn müßten. Aber es müßten hiezu alle berechneten Maaße mit äußerster Genauigkeit ausgeführt werden, indem die mindeste Abweichung davon alle erwarteten Vortheile scheitern machen würde, so daß ich nicht weiter auf der Ausführung solcher Objective bestehen möchte.

Uebrigens würde dieser Vorschlag nur den Uebelständen der Objective abhelfen, und das Ocular würde dessen ungeachtet eine gleich verdrießliche Wirkung beibehalten, der dazu nicht auf dieselbe Weise abgeholfen werden könnte. Oefter bedient man sich auch mehrerer Oculare bei dem Baue der Fernröhren, wie ich später die Ehre haben werde, zu erklären; man würde daher nicht viel gewinnen, wenn man sich gar zu ängstlich bei dem Objective aufhalten, und doch die andern Gläser vernachläßigen wollte, obgleich ihr Einfluß im Vergleiche mit jenem des Objectivs nur wenig merklich ist.

So viele Mühe mich übrigens diese Untersuchungen gekostet haben, so muß ich doch geradezu gestehen, daß ich gegenwärtig gänz-

lich auf die Ausführung solcher aus Wasser und Glas zusammengesetzten Objective verzichte, und zwar nicht nur ihrer zu schwierigen Ausführung halber, sondern auch, weil ich seither andere Mittel entdeckt habe, um die Wirkung der ungleichen Brechbarkeit zwar nicht aufzuheben, aber doch unmerklich zu machen. Ich werde mit nächster Post die Ehre haben, Ew. H. hierüber zu unterhalten [1].

Den 27. März 1762.

Sechsundsiebzigster Brief.

Ueber ein anderes leichter ausführbares Mittel, diesem Fehler abzuhelfen.

Als die Spiegelteleskope aufkamen, wurden die dioptrischen Fernröhren so sehr verschrieen, daß man hätte meinen sollen, sie verdienten nichts Besseres, als gänzliche Verwerfung. Seit jener Zeit vernachläßigte man auch ihre Construction gänzlich, in der festen Ueberzeugung, daß alle Mühe, die man sich mit ihrer Vervollkommnung geben möchte, doch vergeblich wäre, insofern nämlich der große Newton bewiesen hatte, daß der schädliche Einfluß der ungleichen Brechbarkeit bei der Einrichtung der Fernröhren durchaus unvermeidlich sey [2].

Nach dieser Ansicht müßten uns alle dioptrischen Fernröhren die Gegenstände in unausstehlicher Verwirrung zeigen, und zwar in um so höherm Grade, je stärker sie vergrößern. Obgleich man allerdings Fernröhren findet, die in dieser Beziehung äußerst mangelhaft sind, so gibt es doch auch mitunter einmal ein gutes, das in keiner Beziehung den gerühmten Spiegelteleskopen nachsteht. Es ist dieses ohne Zweifel ein Widerspruch, denn wenn der Fehler, den man diesen Fernröhren vorwirft, gegründet wäre, so dürfte man keine Ausnahmen finden, und darum verdienen diese durch die Erfahrung nachgewiesenen Ausnahmen unsere vollste Aufmerksamkeit.

[1] Gegenwärtig werden solche zusammengesetzte Objective, nach dem Vorgange von Dollond aus Crown- und Flintglas verfertigt, deren brechende Kräfte so sehr verschieden sind, daß man damit den Zweck erreichen kann, welchen Euler hier durch Wasser erreichen wollte; sie heißen achromatische Objective, und können durch zweckmäßige Wahl der Krümmungen auch von der Abweichung wegen der Kugelgestalt befreit werden.

[2] Dieser Grund führte Newton darauf, die Spiegelteleskope zu erdenken. Allein so vollkommen solche Instrumente auch seyn mögen, so kommen sie an Helligkeit doch nie den dioptrischen gleich, was ihren Gebrauch sehr lästig macht, sobald man gewisse Gränzen überschreitet.

Es handelt sich also jetzt darum, den wahren Grund aufzufinden, warum einige Fernröhren scharf begränzte Bilder der Gegenstände geben, während andere nur zu sehr dem von der ungleichen Brechbarkeit der Strahlen herrührenden Fehler unterworfen sind. Ich glaube den Grund gefunden zu haben, und will ihn Ew. H. in den folgenden Betrachtungen auseinander setzen.

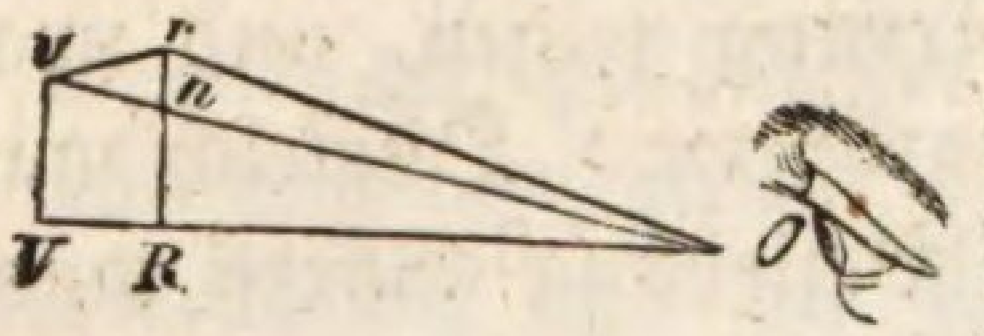
I. Es ist durchaus richtig, daß das Objectiv von jedem Gegenstande unzählige Bilder macht, welche sich alle in dem Zerstreuungsraume befinden, und deren jedes in seiner eigenthümlichen Farbe erscheint, wie ich in meinem frühern Briefe gezeigt habe.

II. Jedes dieser Bilder tritt als Gegenstand des Oculars auf, und wird von diesem in seiner eigenthümlichen Farbe wieder gegeben, so daß das Auge durch das Fernrohr unzählige Bilder erblickt, die in einer von der Brechung der Gläser abhängigen Ordnung aufgestellt sind.

III. Nimmt man statt eines Oculares auch deren mehrere, so erfolgt doch dieselbe Erscheinung, und das Fernrohr zeigt statt eines Bildes dem Auge unzählig viele, oder eine Reihe von Bildern, deren jedes den Gegenstand vorstellt, aber mit einer andern Farbe.

IV. Betrachten wir daher die letzten Bilder, welche das Fernrohr dem in O (Fig. 120.) befindlichen Auge darbietet, und es sey Rr das rothe, Vv das violette, während die der andern Farben nach der Ordnung ihrer verschiedenen Brechbarkeit sich zwischen diesen beiden befinden.

Fig. 120.



Ich habe in der Figur die Gläser nicht gezeichnet, da es sich lediglich darum handelt, auf welche Weise das Auge diese Bilder sieht; nur muß man sich die Entfernung derselben vom Auge O als sehr groß denken.

V. Alle diese Bilder Rr, Vv mit den dazwischen liegenden befinden sich demnach auf der Axe ORV des Fernrohrs, und sind durch eine gewisse gerade Linie rv begränzt, welche die G r ä n z l i n i e aller Bilder heißt.

VI. So, wie ich diese Bilder in der Figur gezeichnet habe, wird das rothe Bild Rr von dem Auge in O unter dem Winkel ROr gesehen, welcher größer ist als VOr, unter dem das violete Vv erscheint. Die violeten Strahlen, welche von dem Bilde Vv in das Auge kommen, mengen sich daher mit den rothen, welche von dem Theile Rn des rothen Bildes Rr kommen.

VII. Das Auge kann daher das violete Bild nicht ohne eine

Vermengung mit den Strahlen der übrigen Farben sehen, welche Strahlen aber von verschiedenen Punkten des Gegenstandes herrühren; so ist der Punkt n des rothen Bildes in dem Auge mit dem Ende v des violeten vermengt, woraus eine große Undeutlichkeit folgen muß.

VIII. Da aber der Strahl rO mit keinem andern vermischt ist, so wird der äußerste sichtbare Rand des Gegenstandes roth seyn, oder das gesehene Bild wird mit einem rothen Rande umgeben seyn, der sich nach und nach mit den andern Farben vermischt, so daß das ganze Bild mit den Farben des Regenbogens begränzt erscheinen wird, was ein sehr gewöhnlicher Fehler der Fernröhren ist, dem aber doch einige weniger unterworfen sind, als andere.

IX. Wäre das größste Bild Rr das violete, und Vv das rothe, so würde die Verwirrung gleich unerträglich seyn; der einzige Unterschied würde darin bestehen, daß nun der äußerste Rand des Gegenstandes violet erschiene, anstatt roth.

X. Die Verwirrung hängt also von der Lage der Gränzlinie rv in Bezug auf die Linie VO ab, und von der Verschiedenheit, die hierin statt finden kann; daher kommt es, daß die Undeutlichkeit bald größer, bald kleiner wird.

XI. Betrachten wir nun den Fall, wo die letzten durch das Fernrohr dargestellten Bilder so angeordnet sind, daß die Gränzlinie vr in ihrer Verlängerung gerade auf das Auge trifft. In diesem Falle wird das Auge durch den einzigen Strahl vrO (Fig. 121.) die Gränzen aller Bilder zugleich sehen, und überhaupt werden alle Punkte der Bilder, die denselben Punkte des Gegenstandes entsprechen, immer durch einen einzigen Strahl in das Auge gebracht werden; sie werden folglich deutlich darin erscheinen.

Fig. 121.

XII. Das wäre also der Fall, in welchem ungeachtet der Verschiedenheit der Bilder das Auge den Gegenstand deutlich sehen kann, und ohne daß die verschiedenen Theile desselben sich mit einander mengen, wie es vorhin der Fall war. Dieser günstige Fall wird also dann eintreten, wenn die Gränzlinie vr in ihrer Verlängerung durch den Ort O des Auges geht.

XIII. Da die Anordnung der letzten Bilder von der Anordnung der Oculare abhängt, so handelt es sich bei der Befreiung der Fernröhren von dem ihnen vorgeworfenen Fehler lediglich nur darum, die Oculare so anzuordnen, daß die Gränzlinie vr der letz-

ten Bilder durch das Auge gehe, und Fernröhren, bei welchen dieses der Fall ist, werden immer vorzügliche seyn.

Den 30. März 1762.

Siebenundsiebzigster Brief.

Wiederholung all der Eigenschaften, welche ein gutes Fernrohr haben muß.

Faßt man dasjenige, was ich bis jetzt erklärt habe, zusammen, so werden Ew. H. gerne zugestehen, daß ein in jeder *Beziehung* gutes, keinem Fehler unterworfenes Fernrohr eine sehr seltene und sehr kostbare Sache sey, da man dabei so vielerlei Umstände zu berücksichtigen hat, denen jeder einzelne einen wesentlichen Einfluß auf die Herstellung guter Fernröhren ausübt. Da die Zahl der guten Eigenschaften beträchtlich ist, so wird es zweckmäßig seyn, dieselben vereint Ew. H. vor Augen zu legen, damit um so weniger eine derselben unserer Aufmerksamkeit entschlüpfe.

I. Die erste Eigenschaft betrifft die Vergrößerung, und je stärker diese bei einem Fernrohre ist, desto vollkommener ist dasselbe unstreitig, vorausgesetzt, daß ihm keine der andern guten Eigenschaften abgehe. Die Vergrößerung wird aber danach beurtheilt, wieviel Mal der Durchmesser der Gegenstände durch das Fernrohr größer erscheint als von freiem Auge. Ew. H. erinnern sich, daß dieses bei den Fernröhren aus nur zwei Gläsern so vielmal geschieht, als die Brennweite des Oculars in jener des Objectivs enthalten ist. Bei Fernröhren mit mehreren Gläsern ist diese Beurtheilung etwas verwickelter.

II. Die zweite Eigenschaft eines guten Fernrohrs ist seine *Lichtstärke*. Ein Fernrohr ist immer sehr mangelhaft, wenn es die Gegenstände nur dunkel oder wie in einem Nebel zeigt. Um diesem Uebelstande auszuweichen, muß das Objectiv eine hinreichende Oeffnung haben, deren Breite sich nach der Vergrößerung richtet. Die Künstler haben als Regel angenommen, daß der Durchmesser der Oeffnung des Objectivs 3 Zoll betragen müsse, wenn das Fernrohr 100 Mal vergrößern soll, und so verhältnißmäßig für jede andere Vergrößerung. Sind aber die Gegenstände selbst nicht sehr lichtvoll, so ist es gut, dem Objective noch mehr Oeffnung zu geben, als ihm nach dieser Regel zukäme.

III. Die dritte Eigenschaft liegt in der Deutlichkeit und Schärfe des Ausdrucks. Hiefür ist erforderlich, daß die am Rande durch

das Objectiv gehenden Strahlen sich in demselben Punkte vereinigen, wie die durch die Mitte gegangenen, oder daß doch mindestens die Abweichung nicht merklich sey. Bedient man sich eines einfachen Objectivs, so darf seine Brennweite nicht über eine gewisse, von der Vergrößerung abhängige Gränze verkürzt werden. So muß die Brennweite mindestens 30 Fuß betragen, wenn man 100 Mal vergrößern will, und die Deutlichkeit nöthigt uns also, so außerordentlich lange Fernröhren zu bauen, wenn wir eine starke Vergrößerung verlangen. Allein man kann diesem Uebelstande durch Anwendung zusammengesetzter Objective abhelfen, und wenn die Künstler mit ihrer Verfertigung zu Stande kommen, so wird es möglich seyn, die Fernröhren bei derselben Vergrößerung viel kürzer zu machen. Bei dieser Gelegenheit mögen Ew. H. geruhen, sich an das zu erinnern, was ich über diesen Punkt sehr ausführlich vorzutragen die Ehre hatte.

IV. Die vierte Eigenschaft betrifft ebenfalls die Schärfe oder die Reinheit der Darstellung, insoferne diese durch die ungleiche Brechbarkeit der Strahlen verschiedener Farben gestört wird. Ich habe gezeigt, wie man möglicher Weise diesem Uebelstande abhelfen könnte; da es aber nicht möglich ist, die durch die verschiedenen Strahlen bewirkten Bilder in ein einziges zu vereinigen, so handelt es sich darum, die Gläser auf eine gewisse Weise anzuordnen, die ich in meinem vorhergehenden Briefe erläutert habe; nämlich so, daß die Gränzlinie der letzten Bilder durch das Auge gehe. Ist dieses nicht der Fall, so wird das Fernrohr den Fehler haben, daß es die Gegenstände mit den Regenbogenfarben umgeben darstellt; dieser Fehler aber verschwindet, wenn man die Gläser auf die gezeigte Weise anordnet. Allein für diesen Zweck muß man mehr als zwei Gläser anwenden, damit man dieselben nach Erforderniß anordnen kann. Bisher habe ich nur von Fernröhren mit zwei Gläsern, einem Oculare und einem Objective gesprochen, und Ew. H. wissen, daß deren Entfernung schon durch ihre Brennweiten bedingt ist, so daß man hieran nichts mehr ändern kann. Indessen trifft es sich glücklich, daß die besprochene Gränzlinie nahezu durch den Ort des Auges geht, so daß, besonders wenn die Vergrößerung nicht bedeutend ist, der Fehler wegen den Regenbogenfarben nicht sehr merklich wird, wenn nur dem vorhergenannten Mangel abgeholfen wurde. Bei sehr starken Vergrößerungen ist es aber gut, zwei Oculare anzuwenden, um die Regenbogenfarben vollständig

aufzuheben, weil in diesem Falle die mindesten Fehler, da sie eben so vielmal vergrößert sind, unausstehlich werden.

V. Die fünfte und letzte gute Eigenschaft eines Fernrohrs ist ein großes Sehfeld, oder ein großer auf einmal durch das Fernrohr übersehbarer Raum. Ew. H. erinnern sich, daß die kleinen Taschenfernröhren mit einem concaven Oculare den Fehler eines zu kleinen Sehfeldes haben, der sie eben zu starken Vergrößerungen unbrauchbar macht. Die andere Art, mit convexem Oculare, ist diesem Fehler weniger unterworfen; allein da diese die Gegenstände verkehrt zeigen, so wären doch die erstern viel besser, *wenn sie nur* ein größeres Sehfeld hätten. Das Sehfeld hängt aber von der Oeffnung des Oculars ab, und Ew. H. begreifen leicht, daß man diese Oeffnung nicht nach Belieben vergrößern kann, indem sie schon durch die Brennweite des Glases bedingt ist. Allein bei der Anwendung von zwei oder drei und selbst noch mehr Ocularen hat man Mittel gefunden, das Sehfeld größer zu machen, und das ist ein weiterer Grund, mehrere Gläser anzuwenden, um das Fernrohr in jeder Beziehung gut herzustellen.

Diesen guten Eigenschaften könnte man noch die beifügen, daß die Darstellung der Gegenstände nicht verkehrt sey, wie es bei den astronomischen Fernröhren der Fall ist; diesem Fehler, wenn er überhaupt ein solcher ist, kann aber leicht abgeholfen werden, wenn man noch zwei weitere Oculare hinzufügt, wie ich mit nächster Post auseinanderzusetzen die Ehre haben werde. Den 3. April 1762.

Achtundsiebzigster Brief.

Von den Erdfernröhren mit vier Gläsern.

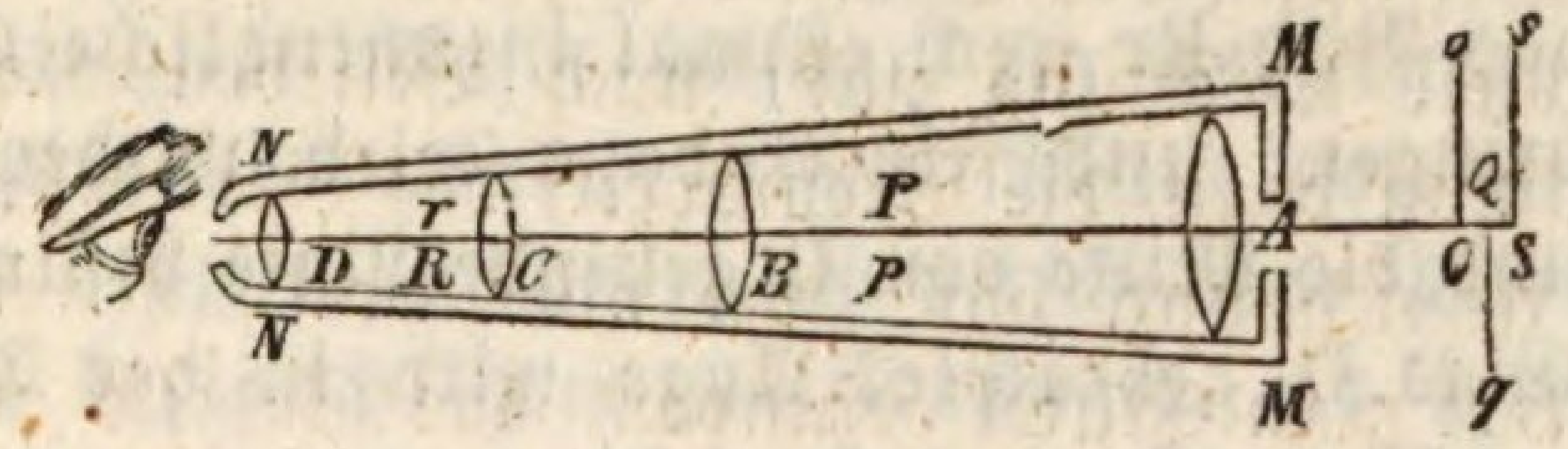
Ich habe mich ziemlich lange bei den Fernröhren aus zwei Convergläsern aufgehalten, welche unter dem Namen astronomischer Tubus bekannt sind, weil man sich ihrer bei Beobachtung der Sterne gewöhnlich bedient.

Ew. H. sehen leicht ein, warum die Anwendung dieser Instrumente, so vortrefflich sie auch seyn mögen, einzig auf den Himmel beschränkt ist; der Grund liegt darin, daß sie die Gegenstände in verkehrter Stellung zeigen, was in der That ein großer Mangel ist, wenn man irdische Gegenstände beobachtet, welche wir gerne in ihrer natürlichen Stellung sehen. Allein bald nach der Entdeckung dieser Fernröhren fand man auch Mittel, dem erwähnten

Mangel abzuhelfen, indem man das Fernrohr gleichsam verdoppelte. Denn, weil zwei Gläser die Gegenstände umkehren, oder ihre Bilder verkehrt darstellen, so braucht man diese Bilder nur noch einmal durch ein solches Fernrohr aus zwei Gläsern zu betrachten, um die Bilder abermals umzukehren, und dann wird die zweite Darstellung uns die Gegenstände aufrecht zeigen. Hiedurch entsteht eine neue Art von Fernröhren, welche aus vier Gläsern zusammengesetzt sind und Erdfernröhren heißen, weil sie für die Betrachtung irdischer Gegenstände bestimmt sind. Ihre Einrichtung besteht in Folgendem.

I. Die vier Gläser ABCD (Fig. 122.), welche in die Röhren MMNN gefaßt sind, sollen das fragliche Fernrohr vorstellen; das erste derselben, A, ist nach dem Gegenstande gerichtet und heißt das Objectiv; die drei andern, B, C, D, heißen die Oculare. Alle vier Gläser sind convex, und das Auge muß an das Ende der Röhre in eine gewisse Entfernung vom letzten Oculare gebracht werden, deren Bestimmung ich später erklären will.

Fig. 122.



II. Betrachten wir nun die Wirkung, welche jedem Glase zukommt, wenn der durch das Fernrohr betrachtete Gegenstand Oo sich in sehr großer Entfernung befindet. Vorerst wird das Objectiv in der Entfernung seiner Brennweite von dem Gegenstande ein Bild Pp machen, und die Größe dieses Bildes ist bestimmt durch die gerade Linie von dem Ende o des Gegenstandes durch die Mitte des Glases A; diese Linie ist in der Figur nicht angegeben, um sie nicht mit Linien zu überladen.

III. Dieses Bild Pp vertritt die Stelle des Gegenstandes für das zweite Glas B, welches so gestellt wird, daß die Entfernung PB der Brennweite von B gleich ist, damit das zweite Bild einen unendlich großen Abstand erhalte, wie in Qq; es wird verkehrt seyn, wie Pp, und durch die gerade Linie begränzt werden, welche von der Mitte des Glases B durch das Ende p geht.

IV. Die Entfernung dieser beiden ersten Gläser ist daher der Summe ihrer Brennweiten gleich, und wenn man das Auge hinter B hielte, so hätte man ein astronomisches Fernrohr und sähe den Gegenstand Oo in Qq, folglich verkehrt und sovielmal vergrößert, als die Entfernung AP größer ist als BP. Allein anstatt

des Auges bringt man hinter das Glas B in einiger Entfernung das dritte Glas C, in Bezug auf welches nun das Bild Qq Gegenstand ist, denn es erhält wirklich die Strahlen dieses Bildes Qq. Da sich nun Qq in sehr großer Entfernung befindet, so wird das Glas C in seiner Brennweite von ihm wieder ein Bild Rr darstellen.

V. Nun ist aber das Bild Qq verkehrt, also wird das neue Bild Rr aufrecht und durch die gerade durch r gehende Linie begränzt seyn, die man von q durch die Mitte von C zieht. Die drei Gläser A, B, C stellen also zusammen den Gegenstand Oo in Rr dar, und dieses Bild Rr ist aufrecht.

VI. Man hat nun nur das letzte Glas D so zu stellen, daß die Entfernung DR seiner Brennweite gleich wird; dieses Glas wird das Bild Rr noch einmal in unendliche Entfernung, wie nach Ss, bringen, und sein Ende s wird wieder durch die gerade durch r und die Mitte von D gehende Linie bestimmt seyn. Ein hinter das Glas D gebrachtes Auge wird in der That das Bild Ss anstatt des Gegenstandes Oo sehen.

VII. Man kann hienach leicht beurtheilen, wie vielmal ein solches Fernrohr die Gegenstände vergrößern muß; man darf nur die zwei Paare von Gläsern A-B und C-D berücksichtigen, deren jedes für sich ein astronomisches Fernrohr wäre. Das erste Paar A und B vergrößert so vielmal, als die Brennweite des ersten A, jene des zweiten, B, übertrifft, und eben so vielmal ist auch das Bild Qq, welches diese Gläser hervorbringen, größer als der wirkliche Gegenstand Oo.

VIII. Da nun dieses Bild Qq in Bezug auf das zweite Gläserpaar C und D die Stelle des Gegenstandes vertritt, so wird es abermals so vielmal vergrößert werden, als die Brennweite des Glases C größer ist, als jene von D. Diese beiden Vergrößerungen mit einander verbunden, geben die wirkliche Vergrößerung, welche die vier Gläser hervorbringen.

IX. Würde demnach das erste Paar A und B der Gläser zehnmal vergrößern, und das andere Paar C und D dreimal, so vergrößerte das Fernrohr dreimal zehnmal, d. h. dreißigmal; die Oeffnung des Objectivs A muß dabei dieser Vergrößerung nach der früher aufgestellten Regel entsprechen.

X. Ew. H. ersehen aus dem Gesagten, daß man, wenn aus einem Erdfernrohre die beiden letzten Gläser C und D entfernt werden, ein astronomisches Fernrohr erhält, und daß die beiden Gläser C und D ebenfalls ein solches Fernrohr vorstellen, so daß

ein Erdfernrohr aus zwei astronomischen Fernröhren besteht; umgekehrt geben zwei mit einander verbundene astronomische Fernröhren ein Erdfernrohr.

Diese Einrichtung läßt daher unzählige Abänderungen zu, von welchen die einen den andern vorzuziehen, wie ich in der Folge die Ehre haben werde, zu erklären.

Den 6. April 1762.

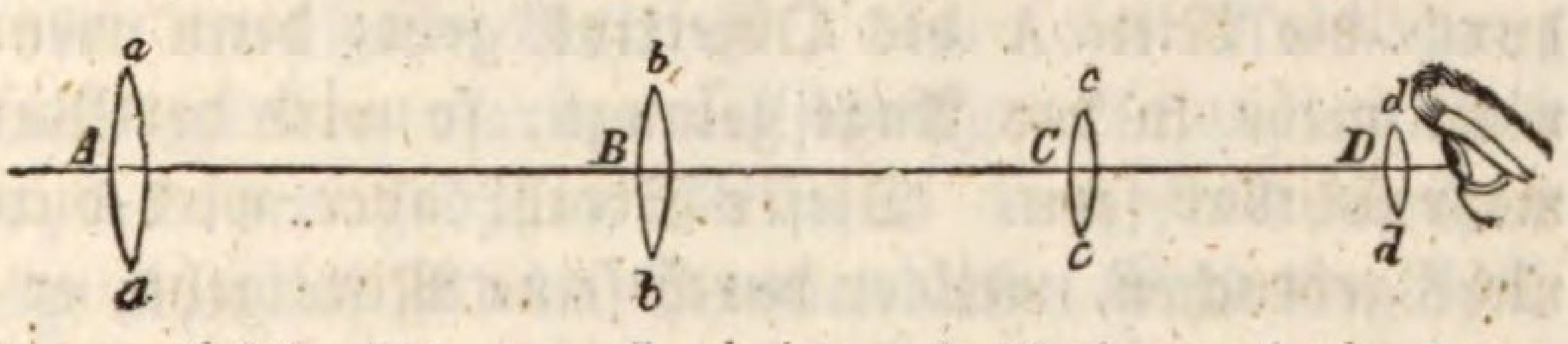
Neunundsiebzigster Brief.

Ueber die Anordnung der Gläser in einem Erdfernrohr.

Ew. H. haben eben gesehen, wie dadurch, daß man einem astronomischen Fernrohre noch zwei Gläser beifügt, ein Erdfernrohr entsteht, welches die Gegenstände aufrecht zeigt. Allein diese vier Gläser des Erdfernrohrs können auf unendlich verschiedene Arten angeordnet seyn, sowohl bezüglich ihrer Entfernungen als ihrer Brennweiten. Ich will nun die Hauptsache hievon erklären.

I. In Bezug auf ihre Entfernungen habe ich bereits bemerkt, daß jene der beiden ersten Gläser, A und B (Fig. 123.) so wie jene der beiden letzten, C und D, der Summe ihrer Brennweiten gleich seyn muß, indem das eine wie das andere Paar als ein einfaches aus zwei converen Gläsern bestehendes Fernrohr angesehen werden kann. Allein welche Entfernung muß zwischen den beiden mittlern Gläsern B und D seyn? Wird sie unserm Gutdünken überlassen seyn, da die Vergrößerung von ihr nicht abhängt, indem es gewiß ist, daß diese immer aus den Vergrößerungen, welche beide Paare einzeln genommen hervorbringen, zusammengesetzt seyn muß, man mag jene Entfernung groß oder klein nehmen?

Fig. 123.

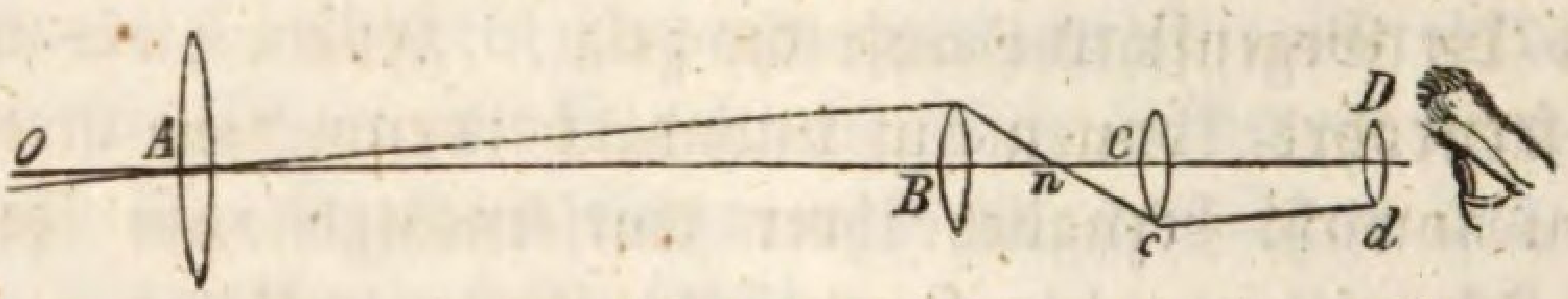


II. Zieht man auch nur die Erfahrung zu Rathe, so wird man bald finden, daß das Sehfeld beinahe ganz Null wird, wenn man die beiden mittlern Gläser einander sehr nähert, und daß sich derselbe Uebelstand zeigt, wenn man ihre Entfernung sehr groß macht. In beiden Fällen sieht man von dem Gegenstande, auf welchen das Fernrohr gerichtet ist, nur einen sehr kleinen Theil.

III. Aus diesem Grunde helfen sich die Künstler folgendermaßen: sie nähern oder entfernen beide Paare so lange, bis sie

das größte Sehfeld erreichen; haben sie die beste Stellung gefunden, so befestigen sie die Gläser in derselben. Sie haben bemerkt, daß bei der günstigsten Anordnung die Entfernung der beiden Gläser B und C stets etwas größer ist, als die Summe ihrer Brennweiten.

IV. Ew. H. begreifen leicht, daß dieses kein bloßer Zufall seyn kann, sondern daß die Bestimmung dieser Entfernung durch die Theorie gegeben seyn müsse, und zwar viel genauer als durch die bloße Erfahrung. Es ist aber die Pflicht des Naturforschers, die Ursache aller durch die Erfahrung erkannter Erscheinungen *aufzusuchen*, und ich will daher die richtigen Grundsätze auseinandersetzen, wodurch die vortheilhafteste Entfernung zwischen den beiden Fig. 124. Gläsern BC (Fig. 124.) bedingt wird.



V. Da alle Strahlen zum Auge gelangen sollen, so wollen wir den Weg des Strahles näher betrachten, welcher vom äußersten noch sichtbaren Ende **o** des Gegenstandes kommt und durch die Mitte A des Objectivs geht; denn wenn dieser Strahl nicht mehr in das Auge gelangt, so wird der Punkt **o** auch nicht mehr sichtbar seyn. Dieser Strahl aber wird durch das Objectiv nicht gebrochen, weil er durch seine Mitte geht; er wird daher seinen Weg geradlinigt fortsetzen bis zum zweiten Glase, welches er an seinem Rande b treffen wird, da er der äußerste noch durch die Gläser gelangende Strahl ist.

VI. Dieser Strahl wird sodann durch das zweite Glas gebrochen werden und seine Richtung so ändern, daß er irgendwo, in **n**, die Axe der Gläser wieder durchschneidet; dieses würde in dem Brennpunkte des Glases B geschehen, wenn der Strahl AB vor der Brechung mit der Axe parallel gewesen wäre; da er aber von dem Punkte A kommt, so wird der Ort **n**, wo er die Axe durchschneidet, weiter vom Glase B entfernt seyn, als der Brennpunkt.

VII. Das dritte Glas B muß nun so gestellt werden, daß der erwähnte Strahl, nachdem er die Axe durchschnitten, gerade den Rand **c** des Glases C trifft, voraus zu ersehen ist, daß man das Glas C um so weiter von B entfernen, d. h. die Entfernung BC um so größer machen müsse, je größer die Oeffnung des Glases C ist. Allein andererseits muß man sich auch sehr wohl hüten, dasselbe zu weit zu entfernen, weil sonst der Strahl dem Glase ent-

gienge, und nicht mehr durch dasselbe hindurch gelangen könnte. Dies ist also der Umstand, welcher die wichtige Entfernung zwischen den beiden mittlern Gläsern, mit der Erfahrung übereinstimmend, bedingt.

VIII. Das dritte Glas wird unsern Strahl abermals brechen und so, daß er nun auf den Rand d des letzten Oculars D fällt; da letzteres etwas kleiner ist als das dritte C, so wird die Linie cd gegen die Axe convergirend seyn, und daher in dem letzten Glase so gebrochen werden, daß sie dadurch mit der Axe in einer Entfernung zusammentrifft, welche kleiner ist, als die Brennweite von D; und hierher muß man das Auge bringen, um alle durch die Gläser gelangenden Strahlen in demselben aufzufangen, und das größte Sehfeld zu erlangen.

IX. Durch dieses Mittel ist man im Stande ein Sehfeld zu erlangen, dessen Durchmesser beinahe doppelt so groß ist, als bei astronomischen Fernröhren von gleicher Vergrößerung. Man erreicht demnach durch diese Fernröhren mit vier Gläsern außer dem Vortheile, daß die Gegenstände aufrecht erscheinen, noch den eines größeren Sehfeldes, was von sehr großem Werthe ist.

X. Endlich ist es möglich, bei diesen vier Gläsern, ohne Beeinträchtigung der eben erwähnten Vortheile, eine solche Anordnung zu treffen, daß die Regenbogenfarben vollständig verschwinden, und die Gegenstände mit der größten Reinheit dargestellt werden. Allein nur wenige Künstler sind im Stande, diesen Grad der Vollkommenheit zu erreichen.

Den 10. April 1762.

Achtzigster Brief.

Ueber einige bei der Verfertigung der Fernröhren zu beobachtenden Vorsichtsmaaßregeln; von der Nothwendigkeit, das Innere der Röhren gut zu schwärzen, und von den Blendungen.

Nach diesen Untersuchungen über den Bau der Fernröhren muß ich Ew. H. noch über einige sehr nöthige Vorsichtsmaaßregeln Rechenschaft geben, die, obgleich sie weder die Gläser selbst, noch ihre Anordnung betreffen, doch von der größten Wichtigkeit sind, so daß auch das beste Fernrohr unbrauchbar wird, wenn man dieselben nicht sehr sorgfältig beobachtet. Es ist nämlich nicht genug, die Gläser so anzuordnen, daß alle auf das Objectiv fallenden Strahlen auch durch das Fernrohr in das Auge gelangen können, sondern man muß auch verhindern, daß fremde Strahlen durch das

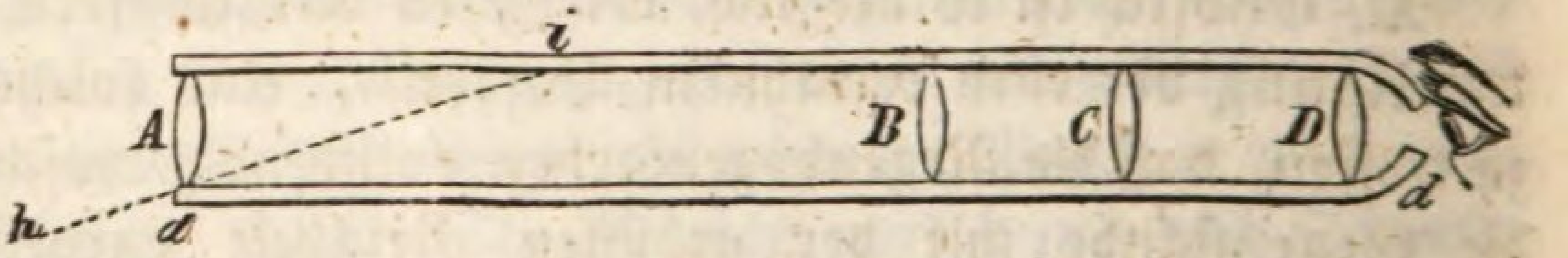
Fernrohr ebenfalls dahin gelangen, damit diese die Darstellung nicht stören. Zu dem Ende sind die folgenden Vorsichten anzuwenden.

I. Für's Erste müssen die Gläser, welche das Fernrohr bilden, in eine Röhre eingeschlossen werden, damit nicht auch andere Strahlen, als die durch das Objectiv gegangenen, zu den übrigen Gläsern gelangen können. Zu dem Ende muß die Röhre überall gut schließen, damit nicht durch irgend eine Spalte Licht eindringe. Wenn in Folge irgend eines Zufalls die Röhren eine Oeffnung hätten, so würde das fremde dadurch eindringende Licht die Darstellung der Bilder durch seine Helligkeit unterdrücken.

II. Es ist ferner sehr wichtig, daß das Innere der Röhren überall gut und zwar mit einem recht tiefen Schwarz überzogen sey, da man weiß, daß die schwarze Farbe keine Lichtstrahlen zurückwirft, so stark auch das einfallende Licht seyn mag. Ew. H. werden auch schon bemerkt haben, daß die Wände der Fernröhren innerhalb geschwärzt sind. Eine einzige Ueberlegung wird die Nothwendigkeit hievon zeigen.

III. Das Objectiv (Fig. 125.) läßt nicht nur die Strahlen

Fig. 125.



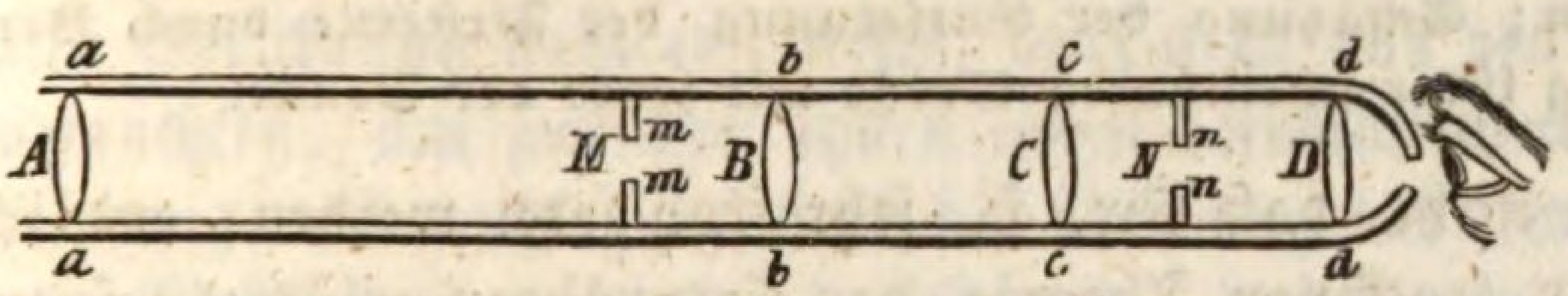
jener Gegenstände durch, welche uns das Fernrohr zeigt, sondern auch die von den Seiten hereinkommenden, welche ringsum reichlich durch dasselbe eintretten. Ein solcher ist der Strahl ha, welcher innerhalb bei i auf die Wand des Rohres fällt; wäre daher das Rohr innerhalb weiß, oder von einer andern Farbe, so würde es dadurch erleuchtet, und brächte nun von selbst neue Strahlen hervor, welche nicht ermangeln würden, durch die übrigen Gläser zu dringen und, indem sie sich mit den eigentlichen Strahlen der Gegenstände mengen, das Sehen zu stören.

IV. Wenn aber das Innere der Röhre mit einem tiefen Schwarz überzogen ist, so wird es keine neuen Strahlen hervorrufen, so stark es auch erleuchtet wird. Diese Schwärze ist für die ganze Länge des Rohrs erforderlich, weil keine Schwärze so dunkel ist, daß sie nicht, wenn sie beleuchtet wird, einige schwache Strahlen erzeugte. Wenn aber auch einige fremde Strahlen durch das zweite Glas B dringen sollten, so werden diese dann leicht durch die Schwärze des folgenden Theiles der Röhre vollständig unterdrückt.

Es gibt auch ein glänzendes Schwarz, und man muß sich daher wohl hüten, ein solches anzuwenden.

V. Gewöhnlich ist jedoch diese Vorsicht noch nicht ausreichend, und man muß das Innere des Fernrohrs noch mit einer oder mit einigen Blendungen (Diaphragmen) versehen, die eine kleine Oeffnung haben, um falsches Licht desto besser abzuhalten; allein man muß dabei wohl Acht haben, daß diese Blendungen nicht auch Strahlen der Gegenstände ausschließen, welche uns das Fernrohr zeigen soll. (Fig. 126.)

Fig. 126.



VI. Man muß daher darauf sehen, an welcher Stelle der Röhre die eigentlichen Strahlen der Gegenstände am meisten zusammengedrängt sind; dieses findet aber dort statt, wo sich die Bilder befinden, weil an diesen Stellen alle Strahlen mit einander vereinigt sind. Das Objectiv A macht aber von dem Gegenstande ein Bild in seinem Brennpunkte M; man hat daher nur die Größe dieses Bildes zu bestimmen, und an diese Stelle eine Blendung zu setzen, deren Oeffnung mm demselben gleich oder um etwas Weniges größer ist. Denn wenn die Oeffnung kleiner wäre als das Bild, so würde man am Sehfeld verlieren, was ein großer Fehler wäre.

VII. Das wäre daher in Bezug auf die Blendung Alles, was bei den astronomischen, aus zwei Convergläsern zusammengesetzten Fernröhren zu beobachten ist. Bei den Erdfernröhren aber befinden sich zwei Bilder innerhalb des Rohres; denn außer dem ersten M, welches durch das Objectiv in seinem Brennpunkt dargestellt und sodann durch das zweite Glas B in unendliche Entfernung gebracht wird, macht auch das dritte Glas C in seinem Brennpunkte N ein aufrechtes Bild des Gegenstandes, während jenes erste ein verkehrtes ist. Es ist daher zweckmäßig, auch in N eine Blendung anzubringen, deren Oeffnung nn der Größe des daselbst befindlichen Bildes entspricht.

VIII. Diese Blendungen, verbunden mit der innern Schwärze des Rohres tragen auch sehr viel zu der Schärfe der Bilder bei. Indessen ist dabei nicht zu übersehen, daß man um so weniger von denselben zu erwarten hat, je größer das Sehfeld des Fernrohrs ist, weil dann die Bilder selbst einen großen Raum einnehmen, so daß die Löcher der Blendungen so groß gemacht werden müssen,

daß sie kein falsches Licht mehr abhalten können. Allein dann muß man das Innere des Rohrs um so sorgfältiger schwärzen, und es um so weiter machen, was die schädliche Wirkung, von der ich so eben gesprochen habe, um Vieles vermindert. Den 13. April 1762.

Einundachtzigster Brief.

Wie der Mond, die Planeten, die Sonne und die Fixsterne durch Fernröhren erscheinen; Schätzung der Entfernung der Fixsterne durch Vergleichung ihrer scheinbaren Größe mit jener der Sonne.

Ich zweifle nicht, daß Ew. H. sehr froh seyn werden, endlich einmal von der trockenen Theorie der Fernröhren erlöst zu seyn, die ohnehin kein weiteres Vergnügen gewährt, als dieses, daß sie uns zu den großen Entdeckungen leitet, die mit Hülfe der Fernröhren gemacht wurden.

Wie überraschend ist es, sehr entfernte Gegenstände eben so gut zu sehen, als wären sie uns hundert und mehrmal näher, besonders wenn wir uns denselben nicht nähern können, wie dieses bei den Himmelskörpern der Fall ist! und Ew. H. werden mir gerne beistimmen, daß man mit Hülfe der Fernröhren an den Gestirnen sehr wunderbare Dinge entdecken mußte.

Sieht man den Mond hundertmal näher, als er wirklich ist, so entdeckt man darauf sehr seltsame Unebenheiten, wie Thäler, und ungemein erhabene Stellen, welche aber ihrer regelmäßigen Form wegen eher absichtlich aufgeführte Werke zu seyn scheinen als Gebirge. Man sieht dieses als einen sehr bedeutenden Grund dafür an, daß der Mond von vernünftigen Geschöpfen bewohnt seyn müsse, obgleich schon die einfache Betrachtung der Allmacht, verbunden mit der höchsten Weisheit und Güte des Schöpfers, uns die überzeugendsten Beweise dafür an die Hand gibt.

Auf gleiche Weise hat man die wichtigsten Entdeckungen an den Planeten gemacht, welche dem bloßen Auge nur wie leuchtende Punkte erscheinen, aber durch gute Fernröhren sich dem Monde ähnlich, und selbst noch viel größer, als dieser zeigen.

Was die Fixsterne betrifft, so werden Ew. H. nicht wenig erstaunt seyn, wenn ich die Ehre habe, Sie zu versichern, daß diese Sterne selbst durch das beste Fernrohr, das über zweihundertmal vergrößert, immer nur als Punkte erscheinen, und zwar noch kleiner als vor freiem Auge; es ist dieses um so überraschender, als es

immerhin gewiß bleibt, daß uns das Fernrohr dieselben so zeigt, als wir sie sehen würden, wenn wir ihnen zweihundertmal näher wären. Sollte man nicht schließen, daß die Fernröhren ihr Vermögen in Bezug auf die Fixsterne verlieren? Allein dieser Gedanke verschwindet bald, wenn man bedenkt, daß uns die Fernröhre Millionen kleinere Sterne zeigen, welche ohne ihre Beihülfe den Augen entgehen würden. Wir sehen auch die Zwischenräume zwischen den Sternen durch die Fernröhren unvergleichlich größer, und Sterne, die, von freiem Auge gesehen, einander beinahe bis zur Berührung nahe erscheinen, darf man nur durch das Fernrohr betrachten, um zwischen ihnen einen beträchtlichen Abstand zu erkennen; was wohl zureichend die Wirkung des Fernrohrs beweist.

Welches ist nun aber der Grund, daß die so betrachteten Fixsterne uns doch kleiner erscheinen als von freiem Auge? Um diese Frage zu beantworten, bemerke ich vorerst, daß die Fixsterne, wenn wir sie mit freiem Auge betrachten, uns größer erscheinen, als sie eigentlich sollten, und zwar eines falschen Lichtes wegen, welches sich dazu mischt, und durch ihren Glanz verursacht wird. Wenn die von einem Sterne kommenden Strahlen sein Bild im Grunde des Auges auf der Netzhaut darstellen, so werden unsere Nerven davon in der That nur in einem Punkte getroffen, allein durch den Glanz dieses Lichtes werden auch die benachbarten Nerven erschüttert, und bewirken dadurch dieselbe Empfindung, welche man haben würde, wenn das auf der Netzhaut hervorgebrachte Bild des Gegenstandes viel größer wäre. Dasselbe ereignet sich, wenn wir Nachts ein sehr entferntes Licht betrachten; es erscheint uns ebenfalls größer, und selbst größer, als wenn wir es in der Nähe besehen. Diese Vergrößerung wird nur durch einen falschen Schimmer verursacht. Je mehr aber ein Fernrohr vergrößert, desto mehr muß sich dieser Umstand vermindern, sowohl weil die Strahlen dadurch einigermaßen geschwächt werden, als weil das Bild im Grunde des Auges selbst größer wird, so daß nun nicht mehr ein einzelner Punkt den ganzen Eindruck zu empfangen hat. So klein uns daher auch die Sterne durch ein Fernrohr erscheinen mögen, so kann man doch dreist behaupten, daß sie ohne dieses zufällige falsche Licht von freiem Auge noch viel kleiner erscheinen würden, und zwar so vielmal kleiner, als das Fernrohr vergrößert.

Es folgt hieraus, daß, weil uns die Sterne nur wie Punkte erscheinen, obgleich sie zweihundertmal vergrößert sind, ihre Entfernung ungeheuer groß seyn müsse. Der Durchmesser der Sonne

erscheint uns unter einem Winkel von 32 Minuten; wäre daher die Sonne 32 Mal weiter entfernt, so erschiene sie uns unter einem Winkel von einer Minute, und daher noch immer viel größer, als ein Fixstern durch das Fernrohr, der keinen, zwei Sekunden, d. i. den dreißigsten Theil einer Minute, übersteigenden Durchmesser hat. Die Sonne müßte also noch dreißigmal weiter, also im Ganzen 960 Mal weiter entfernt seyn, ehe sie uns so klein erscheinen könnte, als ein durch das Fernrohr betrachteter Fixstern. Die Fixsterne sind aber 200 Mal weiter entfernt, als sie uns das Fernrohr zeigt, und folglich müßte die Sonne 200 Mal 960 Mal, d. i. 192,000 Mal weiter entfernt seyn, ehe sie uns nur so groß, als ein Fixstern, erscheinen könnte. Wären demnach die Fixsterne so große Körper, als die Sonne, so müßte ihre Entfernung 192,000 Mal größer seyn, als jene der Sonne; wären sie größer, so müßte auch ihre Entfernung eben so vielmal größer seyn; selbst wenn man annähme, sie seyen mehrmal kleiner als die Sonne, so müßte ihre Entfernung doch immer noch mehr als 100 Mal größer seyn, als jene der Sonne. Die Entfernung der Sonne beträgt aber ohngefähr 15,000,000 deutsche Meilen.

Ew. H. können sich wohl diese erstaunliche Entfernung der Fixsterne und die Ausdehnung der ganzen Welt nicht ohne die größte Verwunderung vorstellen. Wie groß muß nicht die Macht Desjenigen seyn, der dieses unermeßliche All geschaffen hat und dessen unumschränkter Herr ist! Beten wir ihn in tiefster Demuth an!

Den 17. April 1762.

Zweiundachtzigster Brief.

Ueber die Frage, warum uns Sonne und Mond bei ihrem Auf- und Untergange größer erscheinen, als wenn sie sich in einiger Höhe befinden. Von den Schwierigkeiten, denen man bei der Erklärung dieser Erscheinung begegnet.

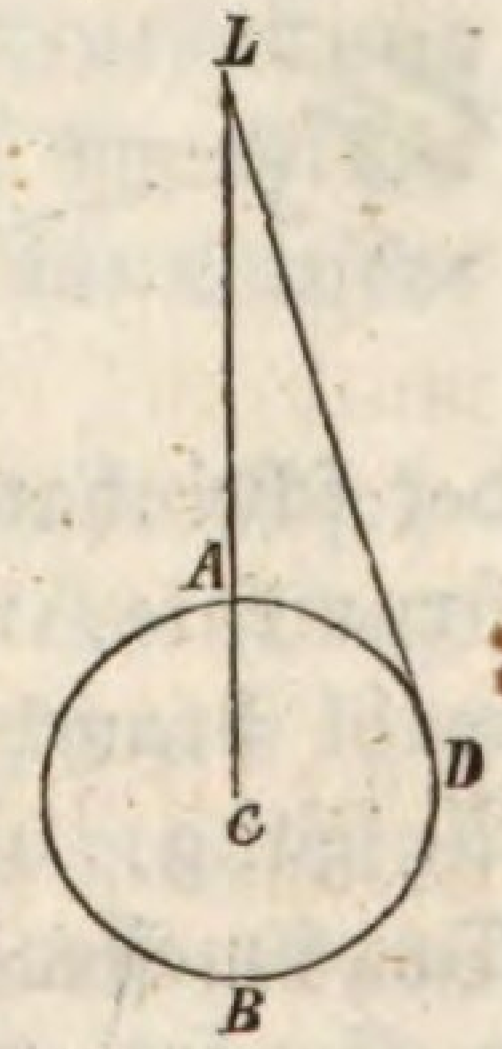
Ew. H. haben ohne Zweifel schon beobachtet, daß uns der Mond bei seinem Auf- und Untergange viel größer erscheint, als wenn er sich hoch am Himmel befindet; jedermann ist in Bezug auf die Erscheinung einstimmig. Dieselbe Beobachtung macht man auch an der Sonne. Diese Erscheinung hat die Philosophen von jeher in Verlegenheit gesetzt, und man stößt auf beinahe unüberwindliche Schwierigkeiten, man mag dieselbe auf welche Weise betrachten, als man nur will.

Gewiß wäre es lächerlich, hieraus schließen zu wollen, daß der

Mond wirklich größer sey, wenn er am Horizonte, als wenn er hoch am Himmel erscheint; denn, abgesehen davon, daß ein solcher Gedanke an sich unsinnig wäre, so ist dabei zu erwägen, daß der Mond, wenn er uns am Horizonte erscheint, sich andern Bewohnern der Erde höher am Himmel, und also kleiner zeigt. Aber es ist sicherlich unmöglich, daß derselbe Körper zu gleicher Zeit größer und kleiner sey.

Eine beinahe eben so lächerliche Erklärungsweise dieser seltsamen Erscheinung wäre es, wenn man annehmen wollte, der Mond sey uns näher, wenn er sich am Horizonte befindet, als wenn er höher am Himmel steht; weil es unzweifelhaft ist, daß uns derselbe Körper um so größer erscheint, je näher er uns ist und daß, wie Ew. H. wissen, derselbe Gegenstand uns kleiner erscheint, wenn er weiter von uns entfernt ist. Das ist gerade der Grund, warum uns die Sterne so außerordentlich klein erscheinen, obgleich ihre wirkliche Größe zum Erstaunen ist. So annehmbar aber diese Idee an sich wäre, so kann sie doch nicht stattfinden. Es ist im Gegentheil vielmehr gewiß, daß der Mond bei seinem Auf- und Untergange etwas weiter von uns entfernt ist, als wenn er hoch am Himmel steht; der Beweis hiefür ist folgender:

Fig. 127.



Es sey der Kreis ABD (Fig. 127.) die Erde, und der Mond befinde sich in L; ein Bewohner von A wird also den Mond in seinem Zenith, oder hoch am Himmel sehen, während ein anderer Bewohner in D, wo die Linie LD die Erde berührt, denselben zu gleicher Zeit im Horizonte erblickt; so daß also der Mond zu gleicher Zeit dem einen Beobachter in seinem Zenith und dem andern in seinem Horizont erscheint. Allein es ist klar, daß die letztere Entfernung, DL, größer ist, als die erstere, AL. Der Mond ist also von jenen, die ihn im Horizonte sehen, weiter entfernt, als von jenen, die ihn nahe am Zenith sehen. Es folgt hieraus offenbar, daß uns der Mond, wenn wir ihn im Horizonte sehen, kleiner erscheinen sollte, weil er dann wirklich weiter von uns absteht, als wenn er sich höher am Himmel zeigt. Es ist daher um so mehr zum Verwundern, daß wir gerade das Gegentheil beobachten, und daß uns der Mond sogar noch größer erscheint, wenn wir ihn nahe beim Horizont, als wenn wir ihn an der Mitte des Himmels sehen.

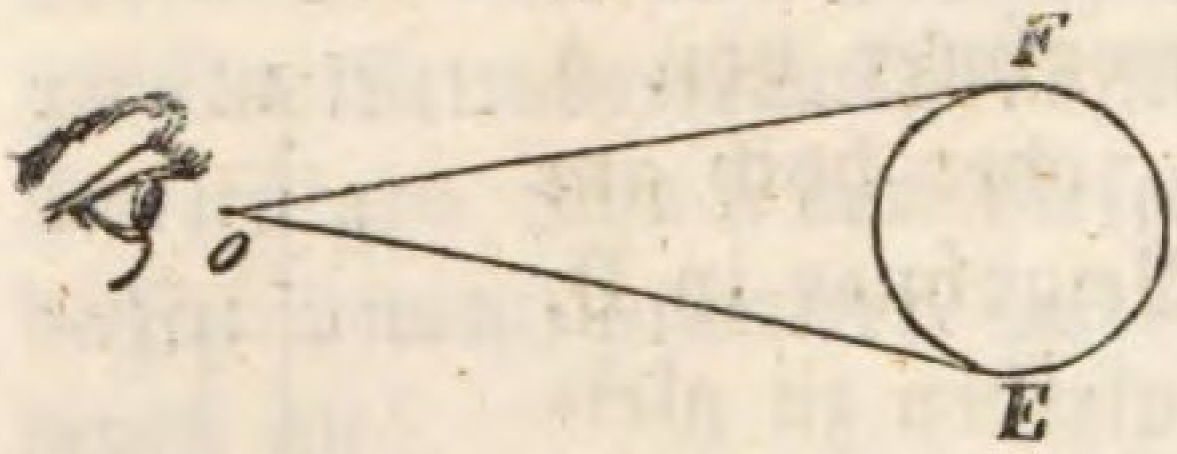
Je mehr man daher diese Erscheinung zu ergründen sucht, desto

befremdender findet man sie, und desto mehr verdient sie unsere Aufmerksamkeit, da es ausgemacht ist, daß uns der Mond im Horizonte kleiner erscheinen sollte, weil er weiter entfernt ist, und doch im Gegentheile alle Welt übereinstimmend behauptet, daß er uns dann beträchtlich größer erscheint. Der Widerspruch ist klar und scheint selbst alle in der Optik geltenden Grundgesetze umzustoßen, während diese doch eben so wohl bewiesen sind, als jene der Geometrie.

Ich glaube die Verlegenheit, in der wir uns in dieser Beziehung befinden, in ihr volles Licht gestellt zu haben; es geschah, um Ew. H. die Wichtigkeit der Aufklärung dieser großen Schwierigkeit um so fühlbarer zu machen. Ohne mich daher auf die Untersuchung dieser Meinung aller Menschen über die erstaunliche Größe des Mondes im Horizont einzulassen, will ich mich vorerst bei der Hauptfrage aufhalten: Ist es auch wahr, daß uns der Mond nahe am Horizont wirklich größer erscheint?

Ew. H. wissen, daß man sehr sichere Mittel hat, um die Durchmesser der Himmelskörper genau zu messen, indem man die Grade und Minuten angibt, welche sie am Himmel einnehmen, oder, was auf dasselbe hinauskommt, indem man den Winkel EOF (Fig. 128.)

Fig. 128.



mißt, welchen die von den gegenüberstehenden Rändern des Mondes nach dem Auge O des Beobachters gezogenen Linien EO und FO mit einander machen; dieser Winkel ist es, welcher der scheinbare Durchmesser des Mondes heißt. Man hat auch Instrumente, welche zur genauen Bestimmung dieses Winkels sehr wohl brauchbar sind; mißt man aber mit denselben zuerst beim Aufgang, und dann wenn er sehr hoch am Himmel steht, den Durchmesser des Mondes, so findet man in der That seinen Durchmesser im ersten Falle etwas kleiner, als im letzten, gerade so, wie es die Ungleichheit der Entfernungen verlangt. Hierüber ist durchaus kein Zweifel zulässig, aber eben dadurch vermehrt sich auch unsere Verlegenheit nur noch, statt sich zu vermindern. Man wird jetzt nur um so eifriger fragen: aber warum hält denn alle Welt den Mond bei seinem Auf- und Untergang für größer, ungeachtet sein scheinbarer Durchmesser dann wirklich kleiner ist? und welches ist der Grund dieser allgemeinen Täuschung, der alle Menschen, ohne eine einzige Ausnahme, unterworfen sind? Der Astro-

nom, der vollkommen gut weiß, daß der scheinbare Durchmesser des Mondes dann kleiner ist, täuscht sich nichts desto weniger eben so sehr, als der unwissendste Bauer. Den 20. April 1762.

Dreiundachtzigster Brief.

Betrachtungen über diese schwierige Frage und Ebnung der Anstände, die sich dabei vorfinden. Unstatthafte Erklärungsversuche.

Ew. H. würden nicht geglaubt haben, daß die einfache Erscheinung des Mondes solchen Schwierigkeiten unterworfen sey; allein ich hoffe, dieselben alle durch die folgenden Betrachtungen wegzuräumen.

I. Vorerst dürfen wir uns hiebei nicht darüber wundern, daß unser Urtheil über die wirkliche Größe eines Gegenstandes nicht mit dem Winkel übereinstimmt, unter welchem wir denselben sehen; denn die tägliche Erfahrung liefert uns der Art Beispiele genug. So erscheint mir eine unmittelbar vor mir befindliche Katze unter einem größeren Winkel, als ein hundert Schritte entfernter Ochse; und doch fällt es mir nicht ein, die Katze für größer zu halten, als den Ochsen. Ew. H. erinnern sich, daß unser Urtheil über die Größe der Dinge so innig zusammenhängt mit unserer Vorstellung von der Entfernung derselben, daß unser Urtheil über die Größe nothwendig falsch wird, sobald wir uns in Bezug auf die Entfernung täuschen.

II. Dieses wird noch deutlicher werden durch folgende Erfahrung. Wenn, ohne daß wir daran denken, plötzlich eine Fliege vor unserem Auge vorbeizieht, während dasselbe auf entfernte Gegenstände gerichtet ist, so bilden wir uns sogleich ein, die Fliege sey auch sehr weit von uns entfernt; weil sie uns aber unter einem ziemlich beträchtlichen Winkel erscheint, so halten wir sie denn im ersten Augenblick für einen Adler, oder einen andern großen Vogel, der in der vorausgesetzten Entfernung uns unter demselben Winkel erscheinen würde. Es ist daher unwidersprechlich gewiß, daß unser Urtheil über die wirkliche Größe der Gegenstände sich nicht nach dem Winkel richtet, unter welchem sie gesehen werden, und ein sehr großer Unterschied stattfindet zwischen der scheinbaren Größe der Gegenstände und der muthmaßlichen wirklichen Größe derselben; die erste hängt von dem Sehwinkel ab, die letztere aber von der Entfernung, in welcher wir die Gegenstände zu sehen glauben.

III. Um nun diesen Satz auf die vorliegende Frage anzuwenden, bemerke ich vorerst, daß wir eigentlich nicht sagen sollten, wir sehen den Mond am Horizonte größer, als in einer beträchtlichen Höhe am Himmel. Es ist dieses durchaus falsch, und wir sehen denselben sogar um Weniges kleiner. Wollen wir uns richtig ausdrücken, so müssen wir vielmehr sagen, wir halten den Mond für größer, wenn er sich im Horizonte befindet, und das ist buchstäblich wahr, nach dem übereinstimmenden Urtheile aller Welt. Diese Bemerkung genügt, um den oben angeführten Widerspruch aufzuheben; denn es steht nichts im Wege, den Mond mit seinem Auf- oder Untergange für größer zu halten, obgleich er unter einem kleineren Winkel gesehen wird.

IV. Es handelt sich daher jetzt nicht mehr darum, zu erklären, warum wir den Mond am Horizonte größer sehen, was ohne Zweifel unmöglich ist, insofern er uns in der That kleiner erscheint, was man durch Messung des Sehwinkels beweisen kann. Die ganze Schwierigkeit ist nun auf die folgende Frage zurückgeführt: Warum halten wir den Mond dann für größer? oder vielmehr, wir müssen den Grund dieses seltsamen Urtheils angeben. Die Sache an sich ist jetzt nicht mehr überraschend, weil es tausend Fälle gibt, wo wir Gegenstände für sehr groß halten, obgleich wir sie unter sehr kleinen Winkeln sehen.

V. Es ist aber nicht schwer, diese Frage zu beantworten; wir dürfen nämlich nur sagen, daß wir den Mond, wenn er auf- oder untergeht, für weiter von uns entfernt halten, als wenn er eine gewisse Höhe erreicht hat. Sobald man hierüber einverstanden ist, der Grund unserer Schätzung sey welcher er wolle, so folgt nothwendig, daß wir den Mond dann auch für größer *halten* müssen; denn allemal halten wir einen Gegenstand für um so größer, je weiter entfernt wir denselben glauben, und zwar genau in demselben Verhältnisse. Sobald ich mir einbilde, gleichgültig durch welche Täuschung es geschieht, die Fliege, welche vor meinen Augen vorbeifliegt, befinde sich in einer Entfernung von hundert Schritten, muß ich auch, fast gegen meinen Willen, dieselbe für so vielmal größer halten, als hundert Schritte ihren wirklichen Abstand von meinen Augen übertreffen.

VI. So sind wir also bei einer neuen Frage angekommen: Warum halten wir den Mond für weiter entfernt, wenn er sich am Horizonte befindet? und warum ist diese Täuschung so allgemein, daß Niemand davon ausgenommen ist? Denn es ist doch

eine ziemlich seltsame Täuschung, sich einzubilden, daß der Mond dann viel weiter von uns entfernt sey. Es ist freilich wahr, daß der Mond dann in der That ein wenig weiter entfernt ist, wie ich in meinem vorhergehenden Briefe gezeigt habe; allein der Unterschied ist so klein, daß er nicht bemerkt werden könnte. Außerdem scheint uns die Sonne auch nicht weiter entfernt zu seyn als der Mond, obgleich ihr Abstand hundertmal größer ist, als der seinige. und unser Auge setzt selbst die Fixsterne fast in dieselbe Entfernung.

VII. Obgleich also der Mond, wenn er am Horizonte ist, wirklich um Weniges weiter von uns absteht, so hat dieses für die gegenwärtige Frage doch keinen Einfluß, und die allgemeine Meinung, vermöge welcher Jedermann den Mond dann für weiter entfernt hält, als er wirklich ist, muß auf ganz andern Gründen beruhen, auf Gründen, die im Stande sind, alle Welt zu täuschen. Denn, da diese Meinung unzweifelhaft irrig ist, so müssen die Gründe, welche uns dieselbe aufnöthigen, sehr schlagend seyn.

VIII. Um die Erscheinung, daß wir den Mond im Horizonte für weiter entfernt halten, zu erklären, haben mehrere Philosophen behauptet, daß der Grund darin liege, weil wir dann viele Gegenstände zwischen uns und dem Monde erblickten, wie Städte und Dörfer, Wälder und Gebirge, was nach ihrer Meinung bewirken soll, daß wir den Mond dann für weiter entfernt halten, während wir, wenn er sehr hoch steht, keine Gegenstände zwischen uns und ihm sehen, und er uns also, wie sie sagen, näher scheinen müsse. Allein diese Erklärung, so sinnreich dieselbe auch beim ersten Anblick erscheint, kann doch nicht stattfinden. Man braucht nur den im Horizonte befindlichen Mond durch irgend eine kleine Oeffnung zu betrachten, wodurch uns die zwischenliegenden Gegenstände verdeckt werden, und er erscheint uns nichtsdestoweniger größer. Ueberdieß ist es nicht einmal wahr, daß wir Gegenstände immer für entfernter halten, zwischen welchen wir viele andere Körper bemerken. Ein großer ganz leerer Saal, zum Beispiel, erscheint uns gewöhnlich größer, als wenn er mit Menschen erfüllt ist, ungeachtet der Menge von Gegenständen, die wir dann zwischen uns und den Wänden erblicken.

Den 24. April 1762.

Vierundachtzigster Brief.

Anbahnung der wichtigen Erklärung dieser Erscheinung; von der Abplattung des Himmelsgewölbes.

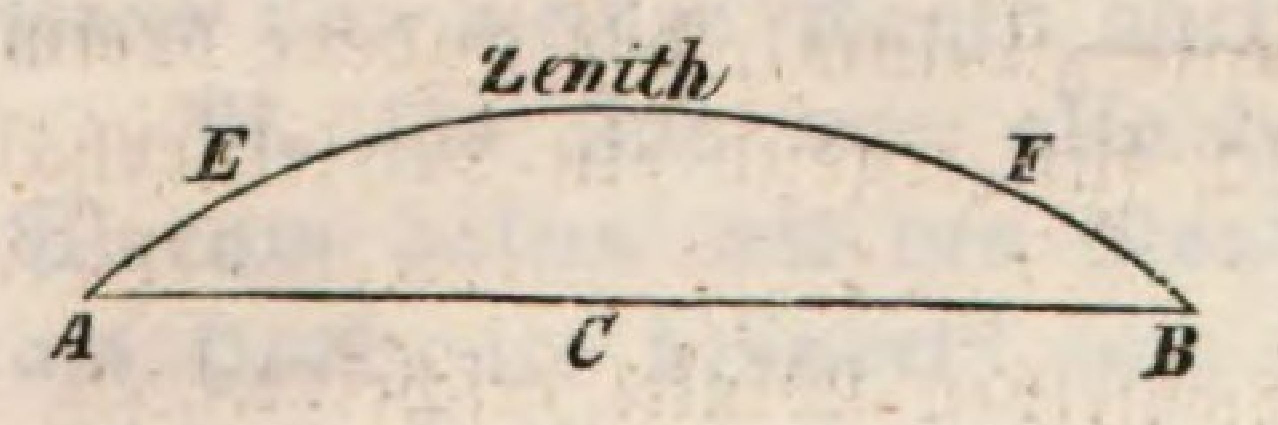
Wir sind demnach noch sehr weit davon entfernt, die allgemeine Täuschung erklären zu können, vermöge welcher alle Menschen ohne Ausnahme den Mond für größer halten, wenn er sich am Horizonte befindet, als wenn er hoch am Himmel steht. Ich habe schon angeführt, daß diese Erscheinung um so sonderbarer wird, als der scheinbare Durchmesser des Mondes dann sogar ein wenig kleiner ist, so daß man eigentlich sagen müßte: nicht wir sehen den Mond größer, sondern wir halten ihn für größer, wenn er nahe am Horizonte steht.

Ferner habe ich bereits bemerkt, daß unser Urtheil sehr oft von dem Sehen selbst abweicht. So halten wir ein 100 Schritte entferntes Pferd stets für größer, als einen nur um einen Schritt entfernten Hund, obgleich die scheinbare Größe des Hundes unstreitig beträchtlicher ist, oder, was auf dasselbe hinauskommt, obgleich das im Grunde des Auges entstehende Bild des Hundes größer ist, als jenes des Pferdes. In diesem Falle berücksichtigt unser Urtheil mit die Entfernung; und da wir das Pferd für viel weiter entfernt halten, als den Hund, so halten wir aus diesem Grunde dasselbe auch für größer.

Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß ein gleicher Umstand beim Monde stattfindet, und daß wir denselben am Horizonte für entfernter halten, als in größerer Höhe. In dem Beispiele mit dem Pferde war unser Urtheil über die Entfernung auf Wahrheit gegründet, aber hier, wo es durchaus falsch ist, ist es eine sehr befremdende Täuschung, die übrigens doch einen gewissen Grund haben muß, da alle Welt hierin übereinstimmt, und man die Sache daher nicht etwa einer bloßen Laune zuschreiben kann. Welches ist daher dieser Grund? davon werde ich nun Ew. H. im Folgenden unterhalten.

I. Alle Welt stellt sich das Blau des Himmels als ein abgeplattetes Gewölbe vor, dessen Scheitel uns viel näher ist, als der untere Theil, wo es mit dem Horizonte zusammenstößt. So sieht

Fig. 129.



also ein Mensch, der auf einer Ebene AB (Fig. 129.) steht, welche sich soweit erstreckt, als sein Sehvermögen, das Gewölbe des Himmels, gewöhnlich das Firmament genannt,

unter der Form AEFB, wo die Entfernungen CA, CB viel größer sind als jene des Zenithes von C.

II. Diese Vorstellung ist unstreitig ebenfalls eine sehr grobe Täuschung, da sich Nichts über uns befindet, was durch ein solches Gewölbe begränzt oder gestützt wäre. Alles ist daselbst vielmehr leer, und die Ausdehnung dieser Leere ist unendlich, weil sie sich bis zu den entferntesten Fixsternen erstreckt, deren Entfernung die Macht unserer Einbildungskraft weit übersteigt. Ew. H. mögen mir das Wort leer verzeihen, ich bediene mich dessen nur im Gegensatze gegen die gröbern irdischen Körper; denn in der That wird der Raum nahe bei der Erde durch unsere Atmosphäre, und weiter hin durch jene viel feinere Substanz, die der Aether heißt, ausgefüllt.

III. So eingebildet nun dieses Gewölbe an sich ist, so ist es für unsere Vorstellung doch etwas sehr Reelles, und alle Menschen, die Gelehrten sowohl, als die Unwissenden, werden gleichmäßig dadurch getäuscht. Beinahe an der Oberfläche dieses Gewölbes denken wir uns die Sonne, den Mond und alle Sterne, wie wenn es dort eingeschlagene glänzende Nägel wären, und wir können uns dieser irrigen Vorstellung nicht erwehren, ungeachtet wir vom Gegentheile überzeugt sind.

IV. Dieses vorausgesetzt, so setzen wir den Mond, wenn er sich am Horizonte befindet, in unserer Vorstellung in die Punkte A oder B des erwähnten eingebildeten Gewölbes und darum schätzen wir dann seine Entfernung in demselben Verhältnisse größer, als wir die Linie CA oder CB für größer halten als CZ. Wenn aber der Mond bei seiner Erhebung sich dem Zenithe nähert, so glauben wir, er rücke uns näher, und würden seine Entfernung für die kleinste halten, wenn er das Zenith wirklich erreichte.

V. Diese Täuschung über die Entfernung hat die andere über die Größe nothwendig in ihrem Gefolge. Weil der Mond, wenn wir ihn auf den Punkt A beziehen, viel weiter von C entfernt zu seyn scheint, als wenn er im Zenith stünde, so sind wir gewissermaßen genöthigt [1] zu schließen, daß der Mond nun größer sey und zwar in demselben Verhältnisse, als die Entfernung CA uns jene von CZ zu übertreffen scheint. Vielleicht stimmen nicht alle Menschen in Bezug auf dieses Verhältniß überein: der eine wird sagen, der Mond erscheine ihm am Horizonte zweimal, der andere dreimal größer, und die meisten werden sich für irgend ein Mittelverhält-

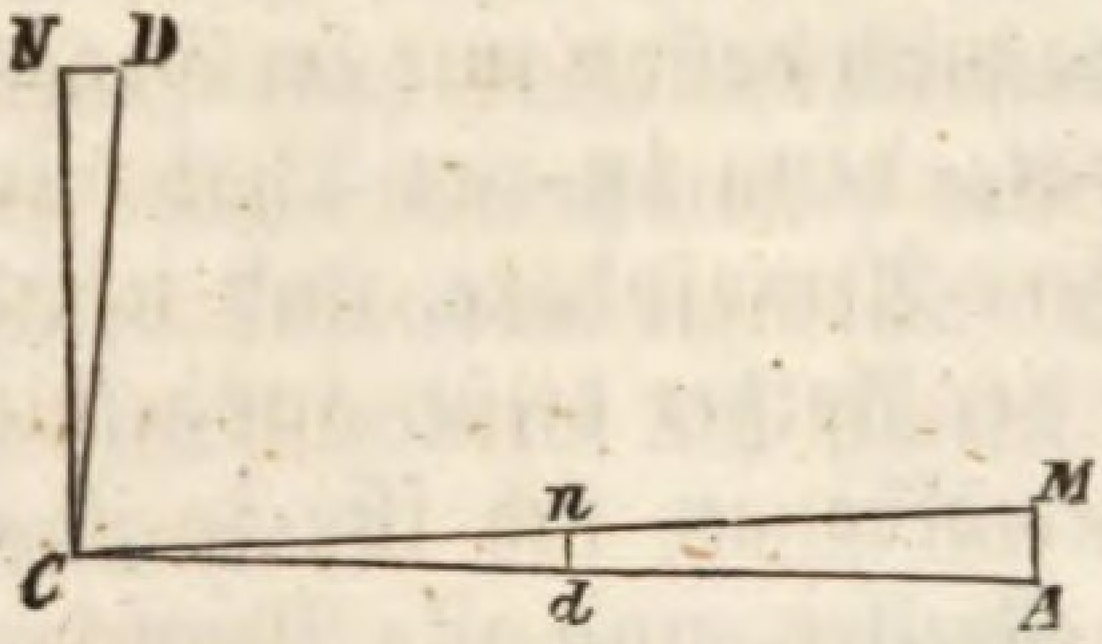
[1] Weil er uns doch noch unter demselben Winkel erscheint.

niß zwischen zwei und drei entscheiden, allein in der Sache selbst stimmen alle überein.

VI. Es wird nicht unpassend seyn, Ew. H. bei dieser Gelegenheit wieder den Beweis vor Augen zu führen, warum unser Urtheil über die Größe eine nothwendige Folge von unserer Schätzung der Entfernung eines Gegenstandes sey.

Befindet sich der Mond am Horizonte, so sehen wir ihn unter einem gewissen Winkel, und dieser sey MCA (Fig. 130.) und der Beobachter befinde sich in C; es sey nun NCD der Winkel, unter welchem wir den Mond sehen, wenn er sehr hoch steht, so ist gewiß, daß diese beiden Winkel MCA und NCD einander so nahezu gleich sind, daß der Unterschied nicht zu bemerken ist.

Fig. 130.



VII. Da wir aber im ersten Fall den Mond für viel entfernter halten, indem wir ihn uns an dem eben beschriebenen eingebildeten Himmelsgewölbe denken, so sey die Linie CA diese eingebildete Entfernung des Mondes, und es folgt daraus, daß wir den Durchmesser des Mondes für so groß halten, als die Linie MA. Allein im andern Falle scheint uns die Entfernung des Mondes viel kleiner und es wird folglich, da der Winkel NCD dem Winkel MCA gleich ist, auch der geschätzte Durchmesser des Mondes, DN, viel kleiner seyn müssen als AM.

VIII. Um dieses vollends klar zu machen, darf man nur die Linien Cd, Cn den Linien CD, CN gleich nehmen; weil nun in den beiden Dreiecken Cdn und CDN die Winkel bei C gleich sind, so sind die Dreiecke selbst einander gleich, und folglich auch DN gleich dn; aber dn ist augenscheinlich kleiner als MA, und zwar so viel Mal als die Entfernung Cd oder CD kleiner ist als CA. Ew. H. erkennen nun den Grund vollkommen, der uns veranlaßt, den Mond am Horizonte für größer zu halten als am Zenith.

Den 27. April 1762.

Fünfundachtzigster Brief.

Von dem verminderten Glanze der Himmelskörper, wenn sie am Horizonte erscheinen, als Ursache ihrer scheinbar größern Entfernung.

Ew. H. werden mir ohne Zweifel entgegenhalten, daß ich so eben eine Täuschung durch eine andere nicht minder seltsame erklärte.

Sie werden mir einwerfen, daß das eingebildete platte Himmelsgewölbe ebenso unbegreiflich sey, als die scheinbare Vergrößerung des Mondes und der übrigen Gestirne nahe am Horizont. Dieser Einwurf ist nur zu gegründet, und macht mir zur Pflicht, Ew. H. den wahren Grund davon auseinander zu setzen, warum der Himmel uns unter der Form eines abgeplatteten Gewölbes erscheint. Ich will versuchen, dieser Aufgabe durch folgende Betrachtungen mich zu entledigen.

I. Um den Grund dieses eingebildeten Gewölbes anzugeben, muß man eben sagen, daß uns die Gestirne, welche wir nahe am Horizonte erblicken, weiter entfernt zu seyn scheinen, als jene, welche wir nahe am Zenith sehen, und dieses ist gewiß die förmlichste petitio principii, welche von den Logikern mit Recht als der unausstehlichste Fehler unserer Schlußfolgen verworfen wird. Nachdem ich aber gesagt habe, das eingebildete Gewölbe des Himmels sey die Ursache, welche uns den Mond am Horizonte größer erscheinen lasse, als nahe beim Zenith, wäre es in der That lächerlich, jetzt zu sagen, das, was uns zur Vorstellung von diesem Gewölbe bringe, sey die scheinbar größere Entfernung der horizontalen, als der vertikalen Gegenstände.

II. Es war jedoch nicht unnütz, von diesem eingebildeten Gewölbe zu reden, obgleich wir dadurch nicht weiter gekommen sind; und wenn ich nun erklärt haben werde, warum uns die Himmelskörper weiter entfernt scheinen, wenn sie sich beim Horizonte befinden, so werden Ew. H. die Ursache der doppelten allgemeinen Täuschung einsehen, deren eine die scheinbare Vergrößerung der Gestirne am Horizont, die andere aber die abgeplattete Form des Himmelsgewölbes ist.

III. Alles kommt demnach darauf an, zu erklären, warum uns die am Horizonte gesehenen Himmelskörper entfernter erscheinen, als wenn sie sich in einer beträchtlichen Höhe über demselben befinden: und ich sage nun, der Grund liegt darin, weil uns diese Gegenstände am Horizonte weniger glänzend erscheinen. Dieses legt mir die doppelte Pflicht auf, zu erklären, warum erstens diese Gegenstände näher am Horizonte mit weniger Glanz leuchten, und dann, wie dieser Umstand nothwendig die Meinung einer größern Entfernung herbeiführe. Ich hoffe die eine, wie die andere Aufgabe zur Zufriedenheit Ew. H. zu lösen.

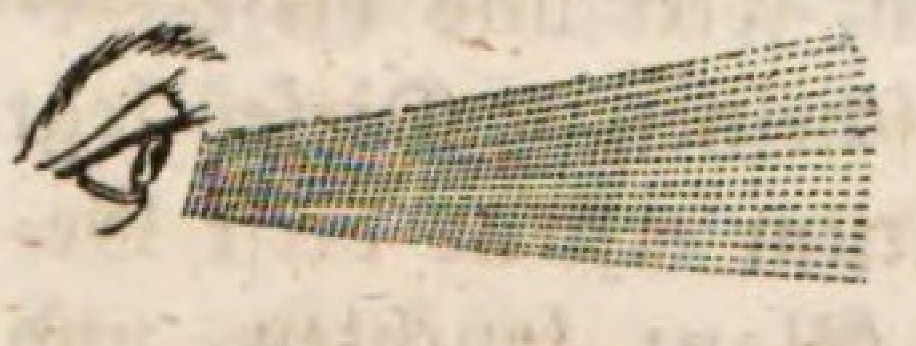
IV. Die Erscheinung selbst kann für's Erste nicht bezweifelt werden. So groß auch der Glanz der Sonne Mittags seyn mag,

so daß Niemand seine Augen darauf zu richten vermöchte, so wissen Ew. H., daß man Morgens und Abends, wenn die Sonne auf- oder untergeht, dieselbe betrachten kann, ohne irgend eine Unbequemlichkeit für seine Augen fürchten zu müssen; dasselbe ist der Fall beim Monde und allen Sternen, deren Glanz in der Nähe des Horizontes außerordentlich geschwächt ist. Die kleinsten Sterne sieht man nicht einmal, wenn sie nur wenig über den Horizont heraufgerückt sind, während man sie sehr deutlich erkennen kann, wenn sie in eine etwas beträchtliche Höhe gelangen.

V. Da die Thatsache hinreichend erwiesen ist, so handelt es sich nun darum, die Ursache dieser Schwächung des Lichtes aufzufinden. Es ist klar genug, daß wir dieselbe nur in der Beschaffenheit unserer Atmosphäre, oder der die Erde umgebenden Luft zu suchen haben, insoferne nämlich dieselbe nicht vollkommen durchsichtig ist. Denn wäre die Luft so vollkommen durchsichtig, daß die Lichtstrahlen ohne irgend eine Schwächung durch dieselbe gehen könnten, so ist gewiß, daß die Sterne stets mit demselben Glanze leuchten müßten, an welcher Stelle des Himmels sie sich auch befänden.

VI. Aber abgesehen davon, daß die Luft eine weit weniger dünne und feine Substanz ist, als der Aether, dessen Durchsichtigkeit vollkommen ist, so ist dieselbe auch beständig mit fremdartigen Substanzen beladen, welche sich als Ausdünstungen und Dämpfe in sie erheben und ihrer Durchsichtigkeit schaden; so daß Strahlen, welche auf solche Theilchen treffen, aufgehalten und fast erlöscht werden. Es ist darum klar, daß die Strahlen um so mehr sich in der Luft verlieren müssen, je mehr dieselbe mit solchen Theilchen beladen ist, welche dem Durchlassen der Lichtstrahlen hinderlich sind; auch ist es Ew. H. bekannt, daß ein recht dicker Nebel der Luft so sehr ihre Durchsichtigkeit raubt, daß man die Gegenstände oft nicht einmal auf drei Schritte unterscheiden kann.

Fig. 131.



VII. Es sollen die in Fig. 131. gezeichneten Punkte solche in der Luft zerstreute Theilchen darstellen, deren Zahl bald größer, bald kleiner ist, je nachdem die Luft mehr oder weniger heiter ist. Es ist darum klar, daß viele Strahlen, welche durch diesen Raum gehen, sich verlieren müssen, und daß der Verlust um so größer seyn werde, je größer der Weg ist, den sie durch diesen Raum zurücklegen müssen. So sehen wir, daß in einem Nebel die entfernteren Gegenstände unsichtbar werden, während die nähern vom Auge noch erkannt werden

können, wovon der Grund darin liegt, daß die Strahlen der erstern auf ihrem Wege eine größere Anzahl solcher Theilchen antreffen, welche sie aufhalten.

VIII. Man muß hieraus schließen, daß der Verlust oder die Schwächung der Strahlen der Gestirne um so größer werden müsse, je größer der Weg ist, den sie durch die Atmosphäre zurücklegen müssen, um zu unsern Augen zu gelangen. Darüber werden Ew. H. nicht den geringsten Zweifel mehr haben. Es bleibt daher nur noch zu beweisen übrig, daß die Strahlen der Sterne, wenn wir sie am Horizonte erblicken, einen viel größern Weg durch unsere Atmosphäre zurückzulegen haben, als wenn sie näher an unserm Zenithe stehen. Ew. H. werden dadurch den wahren Grund kennen lernen, warum die Sterne am Horizont, bei ihrem Auf- oder Untergange viel weniger glänzend erscheinen. Das wird der Gegenstand meines nächsten Briefes seyn.

Den 1. Mai 1762.

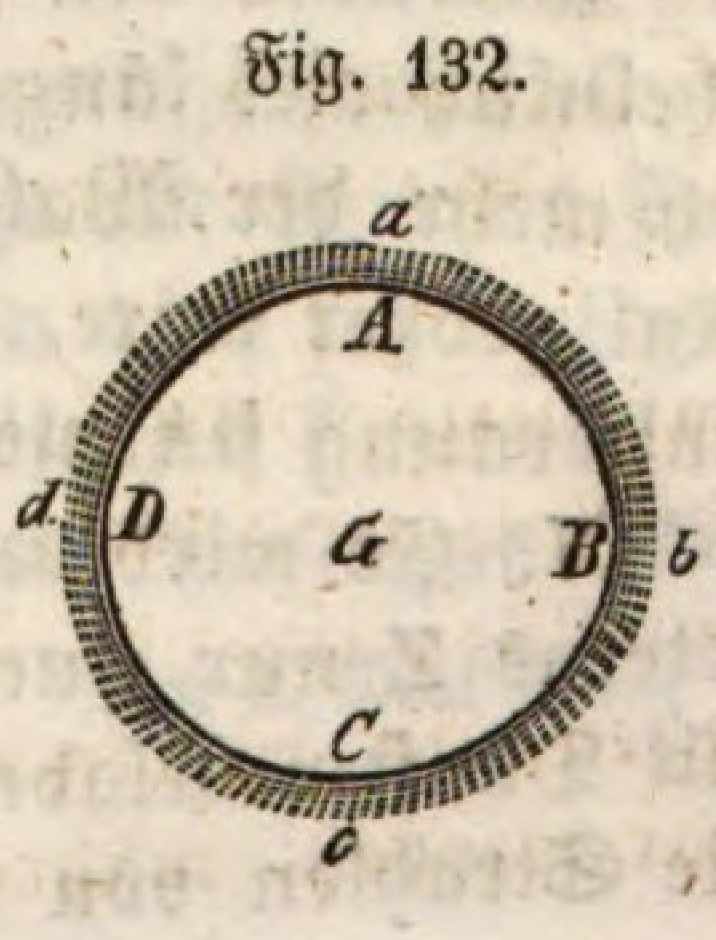
Sechsundachtzigster Brief.

Von dem größern Wege, den die Strahlen am Horizonte befindlicher Gegenstände durch die Atmosphäre zurückzulegen haben, als Ursache ihres verminderten Glanzes.

Vielleicht scheint Ew. H. meine vorhergehende Behauptung, daß die Strahlen der Gestirne, welche sich am Horizonte befinden, einen größern Weg durch unsere Atmosphäre zurückzulegen haben, sehr paradox, insofern nämlich die Atmosphäre sich überall auf die gleiche Höhe erstreckt, und demnach die Strahlen eines Sternes immer ihre ganze Höhe zu durchlaufen haben, bevor sie in unser Auge kommen, der Stern mag sich an welchem Orte befinden, als er will. Allein ich hoffe, die folgenden Betrachtungen sollen alle Zweifel zerstreuen.

I. Vorerst muß man sich eine richtige Vorstellung von der unsere Erde umgebenden Atmosphäre machen. Es stelle darum der innere Kreis ABCD (Fig. 132.) die Erde selbst dar, und der äußere punktirte abcd begränze die Atmosphäre. Man muß wissen, daß die Luft in dem Maaße, als sie weiter von der Oberfläche der Erde entfernt ist, feiner und dünner wird, so daß sie sich zuletzt unmerklich in dem Aether verliert, welcher den ganzen Himmelsraum erfüllt.

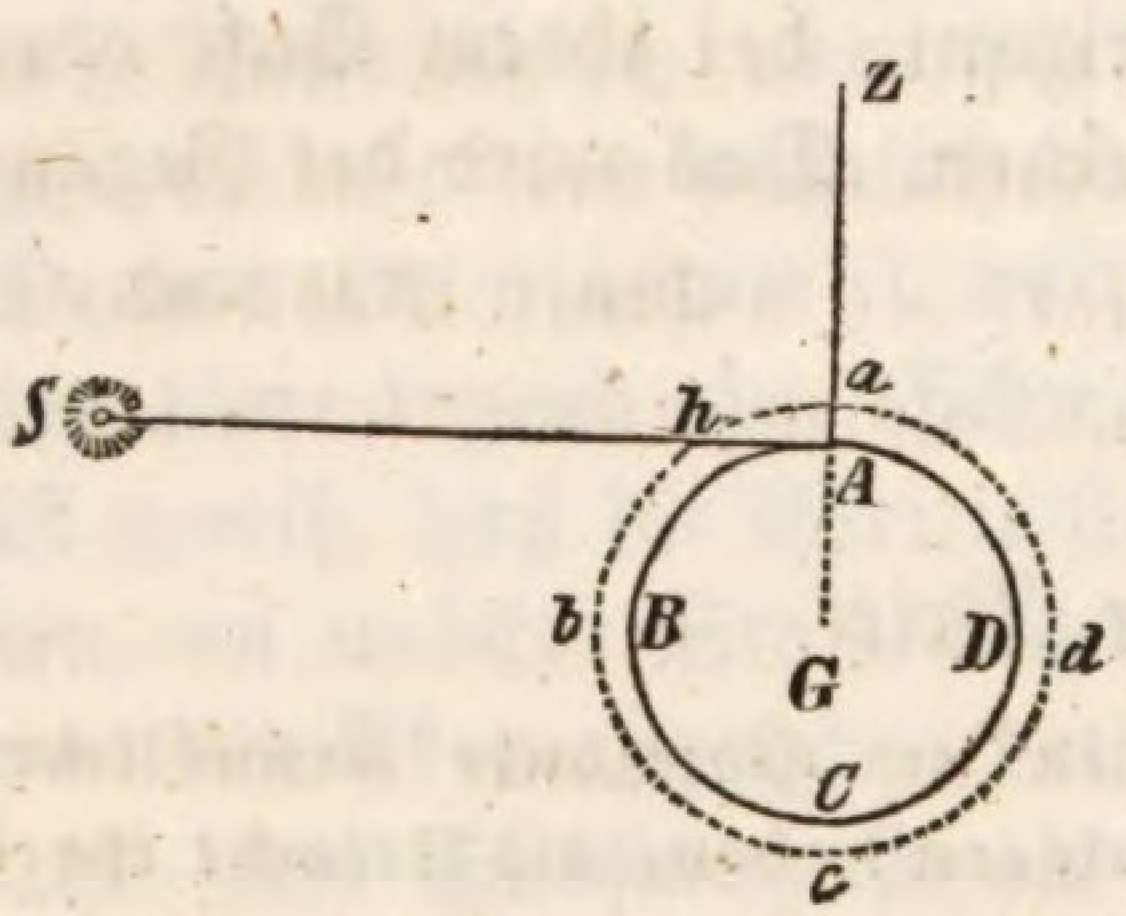
Fig. 132.



II. Die dichteste Luft, und jene, welche am meisten mit solchen Theilchen beladen ist, die die Lichtstrahlen nicht durchlassen, befindet sich überall unten, nahe an der Oberfläche der Erde; von da an wird sie aufwärts immer dünner und dem Lichte weniger schädlich; in der Höhe von einer deutschen Meile ist sie schon so fein, daß sie keinen merklichen Verlust an dem Lichte mehr bewirken kann. Man kann daher die Entfernung zwischen dem äußern und innern Kreise zu einer deutschen Meile annehmen, während der Halbmesser der Erde selbst deren 860 enthält, so daß die Höhe der Atmosphäre im Vergleiche mit der Größe des Erdballs selbst nur sehr wenig beträgt.

III. Betrachten wir nun einen Beobachter in A (Fig. 133.)

Fig. 133.



auf der Oberfläche der Erde, und ziehen von dem Mittelpunkte G derselben durch A die Gerade GZ, so wird diese nach dem Zenith unseres Beobachters gerichtet seyn; die Linie AS aber, welche auf dieser senkrecht ist und die Erde in A berührt, wird für den Beobachter horizontal seyn. Ein in Z befindlicher Stern wird daher am Zenith, oder am höchsten Punkte des Himmels, gesehen werden, ein in S befindlicher aber wird am Horizonte, oder in seinem Auf= oder Untergange erscheinen. Nichts hindert uns den einen wie den andern Stern als unendlich von der Erde entfernt anzunehmen, obgleich sich dieses in der Figur nicht ausdrücken ließ.

IV. Ew. H. dürfen nun nur einen Blick auf die Figur werfen, um zu erkennen, daß die von S ausgehenden Strahlen einen viel größern Weg durch unsere Atmosphäre zurückzulegen haben, bevor sie den Beobachter in A erreichen, als jene des Sterns Z. Die Letztern haben lediglich nur die Höhe aA der Atmosphäre, welche ungefähr eine Meile beträgt, zu durchlaufen, während die Strahlen des Sterns S den ganzen Weg hA zurücklegen müssen, der augenscheinlich viel länger ist. Könnten aber die Verhältnisse der Figur sich mehr der Wahrheit nähern, so daß der Halbmesser GA 860 Mal größer wäre, als die Höhe Aa, so würde man sehen, daß die Entfernung hA mehr als 40 Meilen beträgt.

V. Es wird auch gut seyn, zu bemerken, daß die Strahlen des Sterns Z nur einen sehr kurzen Weg durch die untere, am meisten mit Dünsten beladene Atmosphäre zurückzulegen haben, während die Strahlen von S durch diesen untern Theil eine beträchtliche

Strecke zurücklegen müssen, und so zu sagen genöthigt sind, auf der Oberfläche der Erde zu kriechen. Der Schluß ist daher sehr natürlich, daß die Strahlen des Sterns Z beinahe keine Schwächung erleiden werden, während jene von S fast ganz unterdrückt werden müssen in Folge des langen Weges durch den dichtern Theil der Atmosphäre.

VI. Es ist demnach unwidersprechlich bewiesen, daß die Gestirne am Horizonte mit äußerst geschwächtem Glanze erscheinen müssen. Ew. H. begreifen nun leicht, warum wir die Augen anhaltend nach der auf- oder untergehenden Sonne richten können, ohne davon belästigt zu werden, während ihr Glanz Mittags, wenn sie hoch steht, uns unerträglich ist. Das war aber das Erste, was ich zu beweisen unternahm, und es bleibt mir nun nur noch das Andere zu beweisen übrig, nämlich daß diese Schwächung des Lichtes uns gewissermaßen zu der Vorstellung nöthigt, als wären die Himmelskörper dann viel weiter von uns entfernt, als wenn wir sie in ihrem vollen Glanze sehen.

VII. Den Grund hiefür müssen wir an der Erscheinung irdischer Gegenstände aufsuchen, die wir täglich sehen, und über deren Entfernung wir uns ein Urtheil bilden. Allein es ist aus demselben Grunde, daß die Strahlen bei ihrem Durchgang durch die Luft geschwächt werden, auch klar, daß ein Gegenstand, je weiter er von uns entfernt ist, desto mehr von seiner Helligkeit verlieren oder uns desto dunkler erscheinen müsse. So erscheint uns ein entferntes Gebirge nur sehr trübe, nähern wir uns aber demselben, so können wir sehr leicht die Bäume darauf unterscheiden, was uns in großer Entfernung unmöglich ist.

VIII. Diese allgemeine Erfahrung, welche uns bei irdischen Gegenständen nie täuscht, hat in uns von frühester Kindheit an den Grundsatz hervorgerufen, daß die Gegenstände um so weiter von uns entfernt seyen, je mehr die Lichtstrahlen, welche wir von ihnen empfangen, geschwächt sind. In Folge dieses Grundsatzes nun halten wir den Mond bei seinem Auf- oder Untergange für viel entfernter, als wenn er in einer beträchtlichen Höhe am Himmel steht, und aus demselben Grunde halten wir ihn dann auch für viel größer. Ich schmeichle mir, daß Ew. H. diese Ursachen für vollkommen wohl gegründet, und die seltsame Erscheinung für so gut erklärt halten werden, als es nur immer möglich ist. Den 4. Mai 1762.

Siebenundachtzigster Brief.

Ueber einige andere Täuschungen, welche daher rühren, daß wir die Gegenstände für um so entfernter halten, je dunkler sie uns erscheinen; wie die Maler dieses sich zu Nutzen machen.

Das Grundgesetz unserer Vorstellungsweise, nach welchem ich so eben jene ganz seltsame Erscheinung erklärte, die uns den Mond am Horizonte für viel größer halten läßt, als mitten am Himmel, dieses Grundgesetz ist so sehr in unserm Geiste eingewurzelt, daß es zur Quelle von tausend andern Täuschungen wird; es genügt aber Ew. H. einige wenige davon vor Augen zu führen.

Von Jugend an fühlen wir uns, wie gegen unsern Willen, genöthigt, die Gegenstände für um so entfernter zu halten, als ihre Helligkeit schwächer ist, und andererseits erscheinen uns sehr glänzende Gegenstände näher, als sie wirklich sind. Diese Täuschung kommt ohne Zweifel von einer wenig geordneten Vorstellungskraft her, die uns sehr oft irre führt. Nichts desto weniger ist dieselbe so natürlich und so allgemein, daß es Niemanden gibt, der im Stande wäre, sich dagegen zu schützen, obgleich der Irrthum, in den sie uns stürzt, oft ein sehr zu Tage liegender ist, wie ich die Ehre hatte, Ew. H. in Bezug auf den Mond zu bemerken. Wir werden aber auf gleiche Weise bei einer Menge anderer Gelegenheiten getäuscht, von denen ich nun einige entwickeln will.

I. Es ist eine wohlbekannte Täuschung, daß uns das Feuer eines Brandes Nachts viel näher zu seyn scheint, als es wirklich ist. Der Grund davon ist sehr einleuchtend; er liegt darin, daß das Feuer mit hellem Glanze leuchtet, und nach dem angeführten Grundgesetze unserer Vorstellungsweise halten wir es daher immer für näher, als es ist.

II. Auf gleiche Weise erscheint uns ein großer Saal, dessen Wände wohl geweißt sind, immer weniger groß. Ew. H. wissen, daß die weiße Farbe die glänzendste ist, daher halten wir die Mauern des Saales für sehr nahe bei uns, wodurch also die scheinbare Ausdehnung desselben vermindert wird.

III. In einem Saale aber, dessen Wände mit schwarzem Tuche bekleidet sind, wie es bei großen Trauerfeierlichkeiten üblich ist, bemerken wir die gerade entgegengesetzte Wirkung; ein solches Zimmer erscheint uns dann immer viel geräumiger als es ist. Schwarz ist unstreitig die dunkelste Farbe, da dieselbe ja beinahe gar kein Licht in unser Auge sendet, und darum scheinen uns die schwarzen Wände viel entfernter zu seyn, als es wirklich der Fall ist. Bedeckt

man demnach die Wände eines Zimmers mit schwarzem Tuche, so erscheint es größer; läßt man sie wohl weißen, so erscheint das Zimmer kleiner.

IV. Die Maler aber wissen diese so natürliche und allen Menschen gemeinschaftliche Täuschung am besten zu benützen. Ew. H. wissen, daß dasselbe Bild uns Gegenstände zeigt, welche sehr weit entfernt zu seyn scheinen, und Gegenstände, die wir für ganz nahe halten, und darin liegt das mächtigste Hilfsmittel eines geschickten Malers. Es ist gewiß etwas sehr Wunderbares, daß, obgleich wir sehr wohl wissen, alle Theile eines Gemäldes seyen auf derselben Fläche ausgeführt, und demnach ungefähr gleichweit von unsern Augen entfernt, wir nichtsdestoweniger dadurch getäuscht werden, und die einen für entfernt, die andern für nahe halten. Man schreibt gewöhnlich die Täuschung der geschickten Mischung von Licht und Schatten zu, welche auch allerdings für den Maler ein richtiges Hilfsmittel ist; aber Ew. H. dürfen nur ein solches Gemälde betrachten, um zu erkennen, daß die Gegenstände, welche sehr entfernt erscheinen sollen, auch nur ganz schwach und undeutlich ausgedrückt sind. Richten wir unsern Blick auf sehr entfernte Gegenstände, so erkennen wir wohl z. B. Personen im Allgemeinen, aber ohne die Augen, die Nase, den Mund unterscheiden zu können; und ganz gemäß dieser Erfahrung stellt der Maler die Gegenstände dar. Jenen, die wir für sehr nahe halten sollen, gibt der Maler die lebhaftesten Farben, und bemüht sich, auf das Sorgfältigste alle Kleinigkeiten auszudrücken; sind es Personen, so unterscheiden wir an ihnen die leisesten Züge des Gesichts, die Falten der Kleider u. s. f. Ein solches Bild scheint dann so zu sagen aus dem Gemälde herauszutreten, während andere sehr tief in dasselbe zurückgedrängt sind.

V. Einzig auf diese Täuschung ist also die ganze Kunst der Malerei gegründet. Wären wir gewohnt, nach der Wirklichkeit zu urtheilen, so könnte diese ganze Kunst nicht bestehen, so wenig als wenn wir blind wären. Der Maler könnte dann alle seine Kunst in Mischung der Farben aufbieten, wir würden doch sagen: Siehe da auf dieser Fläche einen rothen, dort einen blauen Fleck; hier einen schwarzen Strich, dort einige weißlichte Linien; Alles befindet sich auf derselben Ebene, nirgends ist Vertiefung oder Erhöhung; folglich könnte auf diese Weise kein wirklicher Gegenstand dargestellt werden. Man könnte eine solche Arbeit nicht anders ansehen, als wie eine Schrift auf dem Papiere, und würde sich vergeblich abmühen, zu errathen, was all diese verschiedenfarbigen Flecke bedeu-

teten. Wären wir in dem Zustande solcher Vollkommenheit nicht sehr zu beklagen, da wir des Vergnügens beraubt wären, das uns eine zugleich so unterhaltende und so belehrende Kunst täglich gewährt.

Den 8. Mai 1762.

Achtundachtzigster Brief.

Ueber das Blau des Himmels [1].

Ew. H. haben so eben die Ursache jener Täuschung kennen gelernt, vermöge welcher uns der Mond, sowie die Sonne am Horizonte größer erscheinen, als in einer beträchtlichen Höhe; wir halten nämlich diese Körper dann für weiter von uns entfernt, und diese unsere Meinung gründet sich darauf, daß ihr Licht sehr beträchtlich geschwächt wird in Folge des langen Weges, den es durch den untern Theil der Atmosphäre zurücklegen muß, welcher am meisten mit Dämpfen und andern Ausdünstungen beladen ist, die die Durchsichtigkeit vermindern. Hierauf beschränken sich alle Betrachtungen, welche ich die Ehre hatte Ew. H. über diesen Gegenstand darzulegen.

Diese Eigenschaft der Luft, welche ihre Durchsichtigkeit vermindert, könnte beim ersten Anblick als ein Mangel derselben angesehen werden; allein wenn wir deren Folgen überlegen, so finden wir, daß sie nicht nur bei Weitem kein Fehler ist, sondern daß wir an derselben vielmehr die Weisheit und unendliche Güte des Schöpfers erkennen müssen. Vor allem ist es diese Unreinheit der Luft, der wir das wunderbare und entzückende Schauspiel, welches uns das Blau des Himmels darbietet, zu danken haben. Denn die dunkeln Theilchen, welche das Licht aufhalten, werden dadurch erleuchtet, und senden uns dann ihre eigenen durch die gewaltige Erschütterung ihrer Oberfläche hervorgebrachten Strahlen; ganz so wie dieses bei allen dunkeln Körpern stattfindet. Die Zahl der Schwingungen aber, in welche sie versetzt werden, ist so, daß sie uns das schönste Blau zeigen. Dieser Umstand verdient wohl, daß ich ihn klar auseinander setze.

I. Vorerst bemerke ich, daß diese Theilchen außerdem, daß sie sehr dünne und beinahe durchsichtig, auch außerordentlich klein und weit von einander entfernt sind. Daher kommt es, daß jedes einzelne für sich allein durchaus nicht wahrgenommen werden kann,

[1] Siehe I. Theil, Brief 32.

und wenn nicht eine sehr große Zahl dieser Theilchen zugleich und beinahe in derselben Richtung ihre Strahlen in unser Auge sendet, so können wir davon nicht angeregt werden. Es müssen sich also die Strahlen mehrerer von ihnen vereinigen, wenn sie in uns eine Empfindung hervorbringen sollen.

II. Es folgt hieraus klar, daß die zunächst bei uns befindlichen Theilchen unsern Sinnen entgehen, da wir sie nur als in der Masse der Luft weit auseinander stehende Punkte zu betrachten haben.

Jene aber, welche sehr weit von uns entfernt sind, wie die Punkte a, b, c (Fig. 134.), senden ihre Strahlen fast in derselben Richtung in das Auge, und dadurch werden diese Strahlen kräftig genug, um unser Auge anzuregen, besonders wenn man bedenkt, daß noch ähnliche weiter entfernt liegende Theilchen e, f, g h, so wie andere nähere zur Hervorbringung dieser Wirkung beitragen.

Fig. 134.

III. Die blaue Farbe, die wir bei hellem Wetter am Himmel sehen, ist daher lediglich nur die Folge all dieser in der Luft zerstreuten Theilchen, und vorzüglich jener unter ihnen, die sehr weit entfernt sind. Man kann daher sehr wohl sagen, daß alle diese Theilchen von Natur aus blau sind, aber von einem außerordentlich schwachen Blau, welches nur hinlänglich tief und bemerkbar wird, wenn sie in großer Masse beisammen sind, und ihre Strahlen in derselben Richtung mit einander vereinigen.

IV. Die Kunst kann einen ähnlichen Erfolg hervorbringen. Man darf nur ein wenig Indigo in einer großen Menge Wasser auflösen, so wird man nicht die mindeste Färbung an diesem Wasser bemerken, wenn man es tropfenweise herabfallen läßt, und wenn man davon in ein kleines Glas gießt, wird man nur eine sehr schwache bläuliche Färbung wahrnehmen; füllt man aber damit ein großes Gefäß und betrachtet es von weitem, so wird man ein sehr tiefes Blau erblicken. Derselbe Versuch kann auch mit andern Farben angestellt werden. So erscheint der rothe Wein in sehr kleiner Menge kaum etwas röthlicht; betrachtet man aber ein großes Glas voll davon, so ist die rothe Farbe sehr wohl gesättigt.

V. Alles Wasser scheint, wenn ein großes und tiefes Becken davon erfüllt ist, eine gewisse Farbe zu haben, wenn gleich eine kleine Menge davon klar und farblos zu seyn scheint. Gewöhnlich ist diese Farbe mehr oder weniger grünlicht, so daß man sagen kann, daß die kleinsten Wassertheilchen grünlicht seyen, aber diese

Farbe sey so blaß, daß man sie nur bemerken könne, wenn man eine große Wassermasse ansieht, weil dann die Strahlen vieler Theilchen sich vereinigen, um dieselbe Wirkung hervorzubringen.

VI. Da es nach dieser Beobachtung wahrscheinlich ist, daß die kleinsten Theilchen des Wassers grünlich sind, so könnte man behaupten, daß aus demselben Grunde, aus welchem das Wasser des Meeres, eines See's oder Teiches grünlicht erscheint, der Himmel sich uns blau zeige; denn es ist wahrscheinlicher, daß alle Theilchen der Luft eine leichte blaue Färbung haben, die aber nur sichtbar wird, wenn man eine so ungeheure Masse, wie unsere Atmosphäre, betrachtet, als daß diese Farbe nur den Dünsten zugeschrieben werden muß, die in der Luft schweben, und ihr eigentlich nicht angehören.

VII. In der That hat auch das Blau des Himmels um so mehr Glanz, je reiner die Luft und je freier sie von Ausdünstungen ist; dieses beweiset hinlänglich, daß man den Grund davon in den Theilchen der Luft selbst suchen muß. Fremde Stoffe, die sich mit der Luft vermengen, wie die Ausdünstungen, sind im Gegentheile diesem Blau schädlich, und schwächen nur seinen Glanz außerordentlich. Ist die Luft mit solchen Dünsten zu sehr beladen, so erzeugen sie hier unten Nebel, und entziehen uns das Schauspiel der blauen Farbe gänzlich; sind sie etwas weiter oben, wie dies gewöhnlich der Fall ist, so bilden sich Wolken daraus, die oft den ganzen Himmel bedecken und uns eine ganz andere Farbe zeigen, als jenes Blau der reinen Luft. Das ist also eine weitere Eigenschaft der Luft, außer ihrer Feinheit, Flüssigkeit und Elasticität, welche ich schon die Ehre hatte, Ew. H. auseinanderzusetzen, daß nämlich ihre kleinsten Theilchen von Natur aus blaulicht sind.

Den 11. Mai 1762.

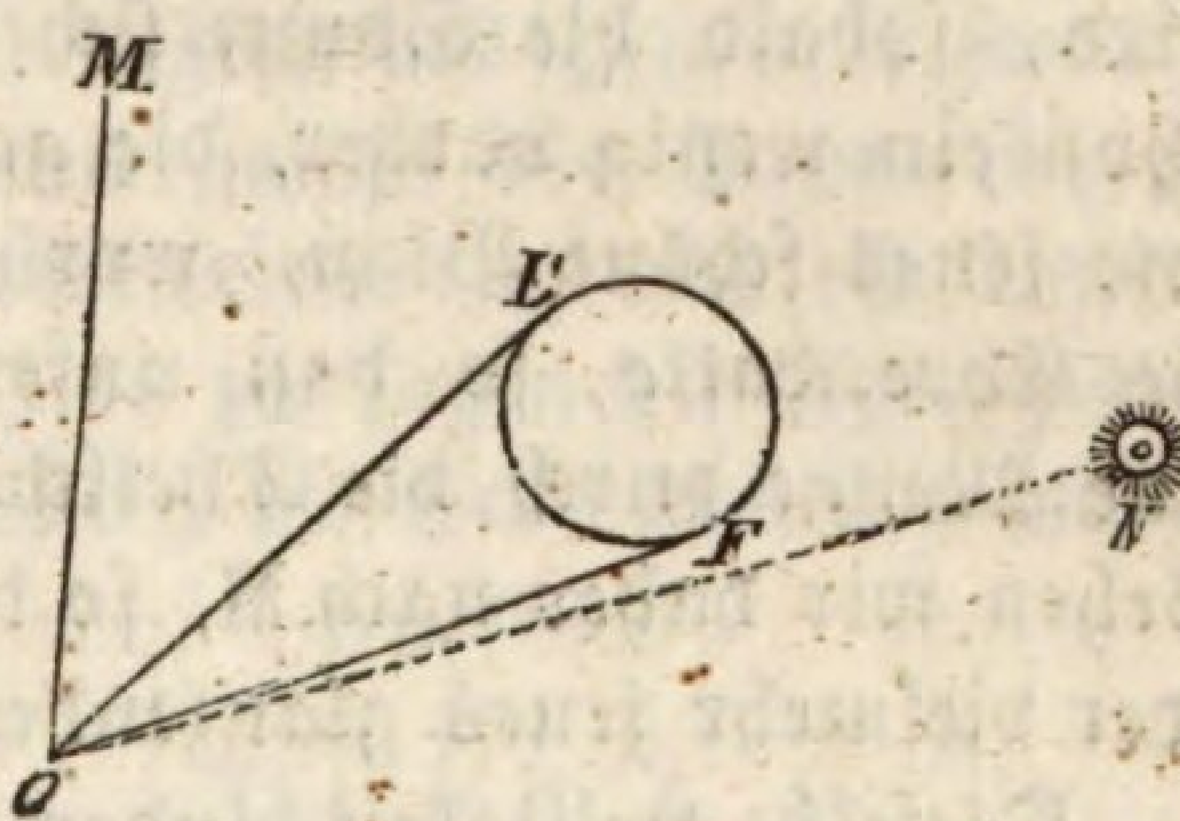
Neunundachtzigster Brief.

Was wir beobachten würden, wenn die Luft vollkommen durchsichtig wäre, und über den trostlosen Zustand, in welchen uns eine solche Durchsichtigkeit der Luft setzen würde.

Ueber die erwähnte Farbe der uns umgebenden Luft, ohne welche uns der schöne Anblick des blauen Himmels entgienge, bemerke ich weiter, daß wir sehr unglücklich seyn würden, wenn die Luft vollkommen durchsichtig und ihrer bläulichten Theilchen beraubt wäre; so daß wir also hierin die Güte und unendliche Weisheit des Schöpfers bewundern müssen.

Um Ew. H. vollständig davon zu überzeugen, will ich annehmen, daß die Luft vollkommen durchsichtig und dem Aether ähnlich sey, welcher, wie wir wissen, alle Strahlen der Gestirne durchläßt, ohne auch nur einen einzigen aufzuhalten, und keine solche Theilchen enthält, welche durch fremde Strahlen selbst erleuchtet werden, da ein solches Theilchen nicht erleuchtet werden kann, ohne einige auf dasselbe fallende Strahlen aufzuhalten. Wenn die Luft in diesem Zustande wäre, so giengen alle Strahlen ungehindert durch dieselbe, und kein Licht würde durch ihre Theilchen in unser Auge gesendet; wir würden demnach keine andern Lichtstrahlen empfangen, als die unmittelbar von der Sonne kommenden. Der ganze Himmel mit Ausnahme der Stelle, wo sich die Sonne befindet, würde uns daher schwarz erscheinen, und statt des schönen glänzenden Blau würden wir, wenn wir in die Höhe blickten, nichts als ein tiefes Schwarz und die dunkelste Nacht bemerken.

Fig. 135.



In Fig. 135. stellt EF die Sonne dar, und der Punkt O ist ein Beobachter, dessen Auge keine andern Strahlen von obenher empfängt, als von der Sonne, so daß alle Helligkeit durch den Winkel EOF begränzt ist. Richtete man das Auge nach einer anderen Himmelsgegend, wie nach M, so würde man nicht einen Lichtstrahl empfangen, und es wäre gerade so, als würde man nach einem vollkommen dunkeln Orte schauen; jede Stelle aber, welche keine Lichtstrahlen aussendet, erscheint schwarz. Ich nehme hier Umgang von den Sternen, womit der Himmel bedeckt ist; denn es ist allerdings kein Grund vorhanden, daß die Strahlen der in M befindlichen Sterne, wenn man das Auge dorthin richtet, nicht in das Auge gelangen sollten; ja es würden sogar diese Strahlen um so kräftiger seyn, als sie durch die Atmosphäre, so wie ich sie eben voraussetzte, nicht geschwächt würden. Man würde demnach bei hellem Tage alle Sterne eben so gut sehen, als bei der dunkelsten Nacht; wobei indessen nicht zu übersehen ist, daß all diese Tageshelle auf den kleinen Winkel EOF beschränkt wäre; der ganze übrige Himmel wäre so dunkel, als die Nacht.

Ganz nahe bei der Sonne wären uns indessen die Sterne dennoch unsichtbar, und wir würden z. B. den Stern N nicht sehen können, weil bei seiner Betrachtung das Auge zugleich die Strahlen der Sonne empfienge, welche dasselbe so lebhaft anregen wür-

16*

den, daß das schwache Licht des Sterns in ihm keine Empfindung hervorbringen könnte. Von der Unmöglichkeit, das Auge offen zu halten, indem man nach N sehen wollte, rede ich gar nicht, es ist dieses zu leicht bemerklich, als daß es sich nicht von selbst verstünde.

Würde man aber einen dunkeln Körper, der ihre Strahlen auffinge, gegen die Sonne vorhalten, so würden wir gewiß den Stern N sehen, so nahe er sich auch bei der Sonne befände. Ew. H. begreifen leicht, in welch traurigem Zustande wir uns dann befänden. Die Nähe des größten Glanzes und der tiefsten Finsterniß würde unser Auge so verletzen, daß wir davon erblinden müßten. Man kann sich hievon aus der Unbequemlichkeit, die wir fühlen, wenn wir plötzlich aus einem dunkeln in einen sehr erleuchteten Raum treten, einige Vorstellung machen.

Diesem großen Uebelstande hilft also die Beschaffenheit der Luft ab, insoferne sie nämlich Theilchen enthält, welche, wenn auch noch so wenig, undurchsichtig und erleuchtungsfähig sind. Dadurch wird, sobald die Sonne sich über den Horizont erhebt, und selbst schon ein wenig vorher, die ganze Atmosphäre erleuchtet, und zeigt uns jenes schöne Blau, worüber ich schon mit Ew. H. zu sprechen die Ehre hatte, so daß unser Auge, wohin wir es auch wenden, eine Menge durch die Theilchen der Luft erzeugte Strahlen erhält. Sehen wir daher nach M, so bemerken wir daselbst große Helligkeit, oder vielmehr jenes glänzende Blau des Himmels.

Dieselbe Helligkeit hindert uns auch, die Sterne bei Tag zu sehen; der Grund davon ist klar. Jene Helligkeit übertrifft nämlich die der Sterne vielmal, und ein schwächeres Licht verschwindet immer neben einem andern viel stärkern, indem die Nerven der Netzhaut nicht mehr im Stande sind, den schwachen Eindruck der Sterne zu empfinden, wenn sie schon von einem sehr starken Lichte getroffen werden.

Ew. H. dürfen sich nur erinnern, daß das Licht des Vollmonds schon 300,000 Mal schwächer ist als jenes der Sonne, um sich zu überzeugen, daß das von den Sternen allein zu uns gelangende Licht Nichts ist im Vergleiche mit dem Lichte der Sonne. Selbst die bloße Helligkeit des Himmels bei Tage ist schon so groß, daß sie, auch wenn die Sonne bedeckt ist, mehrere tausendmal das Licht des Mondes übertrifft.

Ew. H. werden schon bemerkt haben, daß beim Vollmonde, selbst wenn es Nacht ist, die Sterne viel weniger glänzen, und daß man, besonders in der Nähe des Mondes, nur die größern derselben sieht; so daß also immer das kleinere Licht von dem größeren unterdrückt wird.

Es ist auch sehr vortheilhaft, daß unsere Atmosphäre durch

die Sonne erhellt zu werden beginnt, ehe diese wirklich aufgeht; weil dieses uns auf ihren lebhaften Glanz vorbereitet, der für uns unerträglich wäre, wenn der Uebergang von der Nacht in den Tag plötzlich stattfände. Die Zeit, während welcher die Atmosphäre allmählig helle wird, noch ehe die Sonne aufgeht, oder noch helle bleibt wenn sie schon untergegangen ist, heißt die Dämmerung.

Da die Betrachtung dieses Gegenstandes von einiger Wichtigkeit ist, so nehme ich mir vor, Ew. H. ausführlicher davon zu unterhalten. So zieht stets ein Gegenstand der Naturlehre einen andern nach sich.

Den 15. Mai 1762.

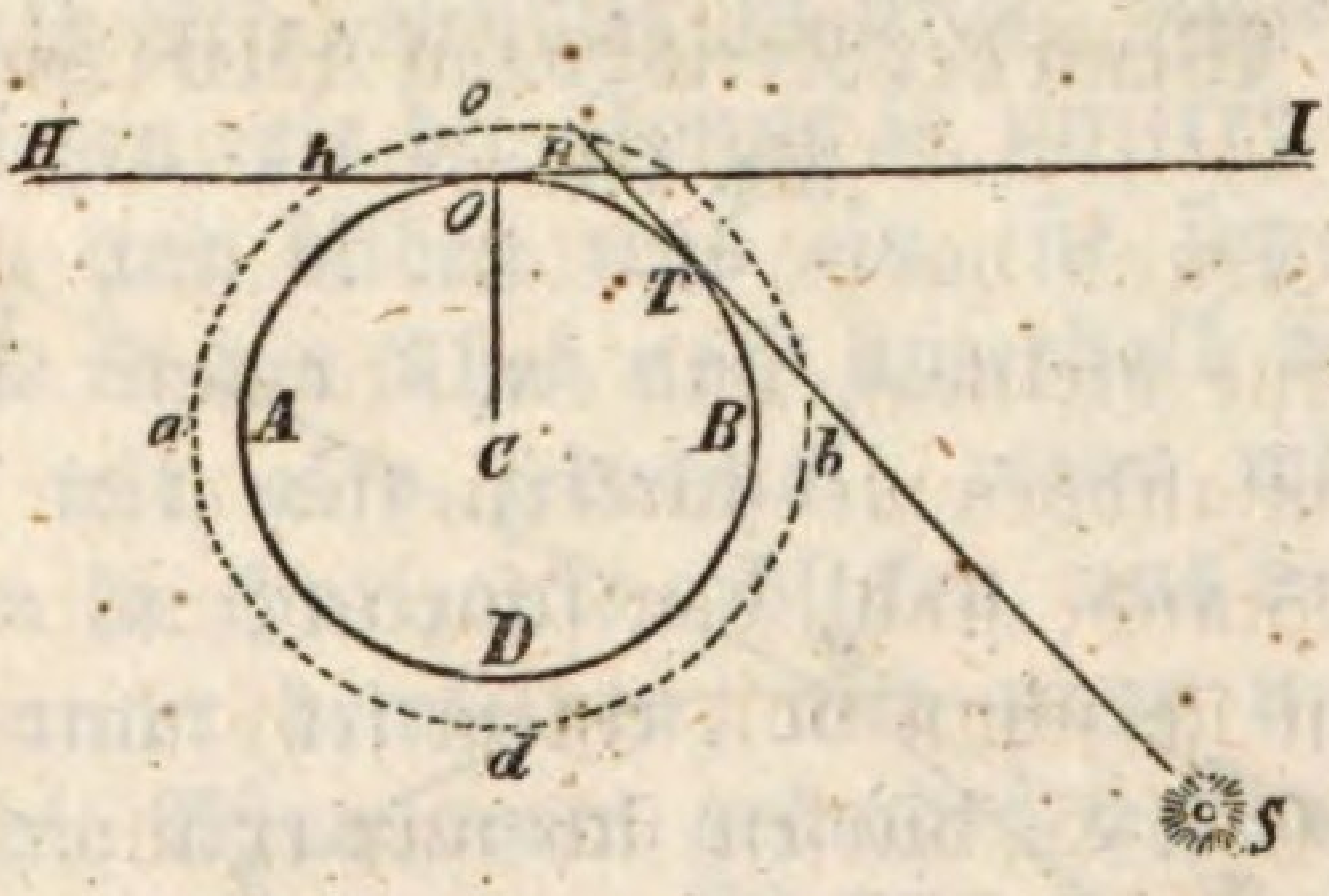
Neunzigster Brief.

Von der Brechung der Lichtstrahlen bei ihrem Eintritte in die atmosphärische Luft als Ursache der Dämmerung; von dem scheinbaren Auf- und Untergange der Gestirne.

Um die Dämmerung, oder jene Helligkeit des Himmels sowohl vor dem Aufgange als nach dem Untergange der Sonne sich zu erklären, dürfen sich Ew. H. nur daran erinnern, was ich bereits über den Horizont und die Atmosphäre zu sagen die Ehre hatte.

Es stelle der Kreis AOBD (Fig. 136.) die Erde und der punktirte Kreis aobd die Atmosphäre vor; betrachten wir nun auf der Erde einen Punkt O, und ziehen durch denselben die gerade HORI, welche die Erde in O berührt, so stellt diese Linie HI den Horizont vor, welcher den von O aus sichtbaren Theil des Himmels vom unsichtbaren scheidet. Sobald also die Sonne diese Linie erreicht, erscheint sie im Horizonte, sey es bei ihrem Auf- oder Untergange, und die ganze Atmosphäre wird von ihr erleuchtet. Setzen wir aber den Fall, die Sonne befinde sich vor ihrem Aufgange unterhalb des Horizontes in S, von wo aus der die Erde in T berührende Sonnenstrahl STR noch einen über unserm Horizonte gelegenen Punkt der Atmosphäre erreichen kann, so werden die daselbst befindlichen Theilchen schon von der Sonne erleuchtet und uns folglich sichtbar werden. Einige Zeit vor dem Aufgange der Sonne beginnt also schon die über unserem Horizonte befindliche Atmosphäre hoR in dem Punkte R erleuchtet zu werden, und zwar

Fig. 136.



in einem um so größern Umfange, je mehr sich die Sonne dem Horizonte nähert, bis sie zuletzt ganz erleuchtet wird.

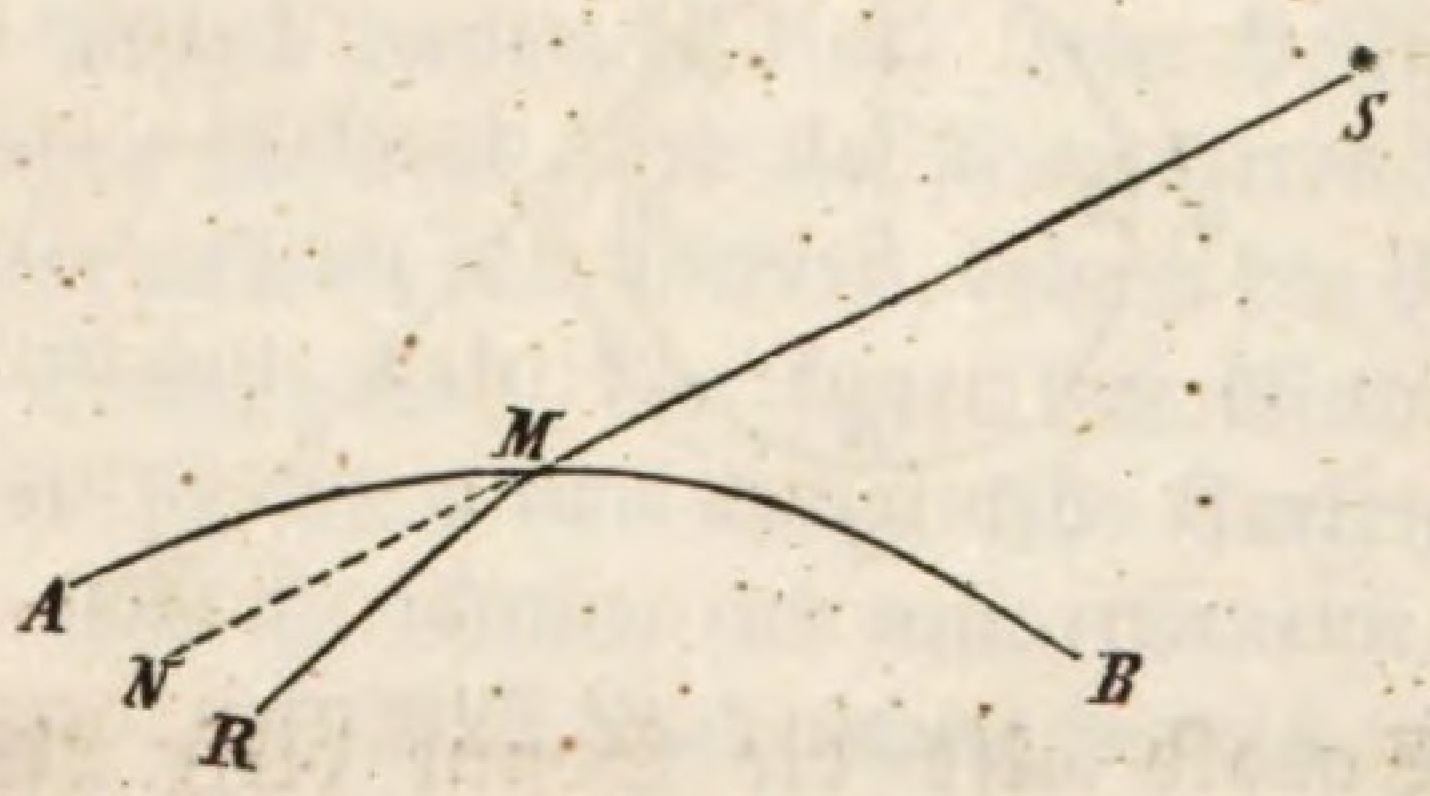
Diese Betrachtung führt mich auf eine andere, mit ihr sehr eng verbundene und nicht weniger merkwürdige Erscheinung; es ist die, daß die Atmosphäre bewirkt, daß wir die Sonne und die übrigen Gestirne schon einige Zeit vorher sehen, ehe sie über unsern Horizont heraufkommen, und ebenso noch einige Zeit nachher, wenn sie schon unter denselben getreten sind. Der Grund dieser Erscheinung liegt in der Brechung, welche die Lichtstrahlen erleiden, wenn sie aus dem reinen Aether in die dichtere Luft unserer Atmosphäre übertreten. Ich will die Sache erklären.

I. Es ist bekannt, daß die Lichtstrahlen nur dann ihren Weg geradlinigt fortsetzen, wenn sie sich in einem durchsichtigen Mittel derselben Art fortpflanzen. Sowie sie aus einem Mittel in ein anderes übergehen, werden sie abgelenkt und ihr Weg wird wie gebrochen, was man eben die Brechung nennt, und wovon ich bereits die Ehre hatte, Ew. H.. längere Zeit zu unterhalten, als ich erklärte, wie die Strahlen, welche von der Luft in Glas, und umgekehrt, übergehen, eine Brechung erleiden.

II. Da nun aber der Aether und die Luft auch zwei verschiedenartige Mittel sind, so muß das Licht nothwendig gebrochen werden, wenn es aus dem Aether in die Luft übergeht.

Wenn der Kreisbogen AMB (Fig. 137.) unsere Atmosphäre oberhalb begränzt, und ein Lichtstrahl MS aus dem Aether bei M in dieselbe übergeht, so wird er demnach seinen Weg nicht in der geraden Linie MN fortsetzen, sondern bei seinem Uebergange in die Luft eine andere Richtung MR annehmen, die etwas von MN verschieden ist; hiebei heißt der Winkel NMR der Ablenkungswinkel oder geradezu die Strahlenbrechung.

Fig. 137.

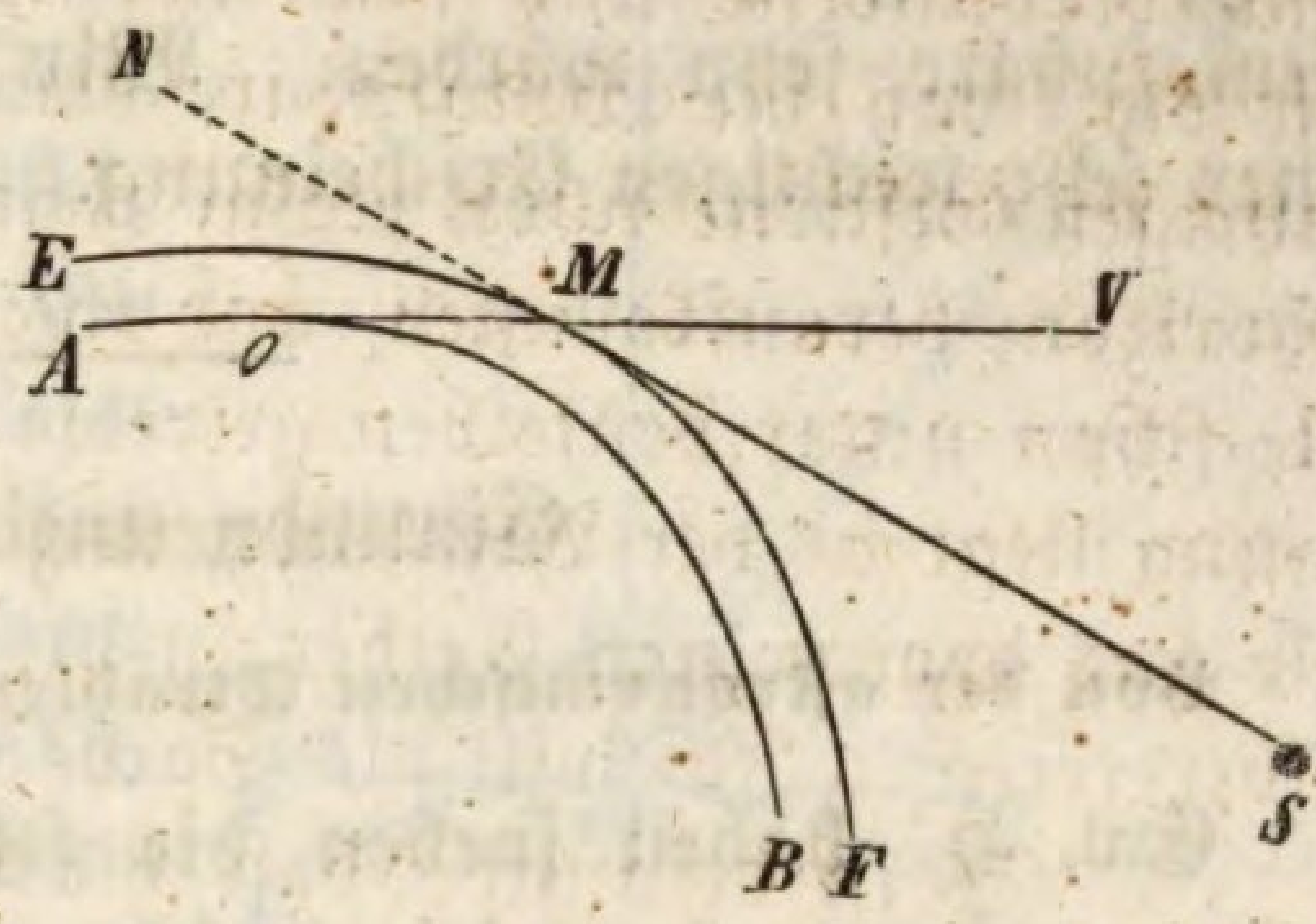


III. Ich habe auch schon früher bemerkt, daß diese Brechung um so größer sey, je schiefer der Strahl SM die Oberfläche der Atmosphäre trifft, oder je kleiner oder spitziger der Winkel BMS ist; denn würde der Strahl SM die Oberfläche der Atmosphäre senkrecht treffen, oder wäre der Winkel BMS ein Rechter, so fände gar keine Brechung statt, sondern der Strahl würde seinen Weg nach derselben geraden Linie fortsetzen. Diese Regel gilt allge-

mein für jede Brechung, die Mittel, welche der Strahl durchschneidet, mögen beschaffen seyn, wie sie wollen.

IV. Es stelle nun der Kreisbogen AOB (Fig. 138.) die Erdoberfläche dar, und der Bogen EMF begränze die Atmosphäre; zieht man dann in O die Linie OMV so, daß sie die Erde in O berührt, so wird sie horizontal seyn. Es befinde sich ferner die Sonne noch unter dem Horizonte in S, so daß sie uns eigentlich noch unsichtbar wäre, weil keiner ihrer Strahlen in gerader Linie zu uns gelangen könnte, und der Strahl SM, wenn er geradlinig verlängert würde, über uns weg nach N gehen müßte. Da derselbe nun aber in M, und zwar sehr schief, weil der Winkel FMS sehr klein ist, auf die Atmosphäre trifft, so muß er ziemlich beträchtlich gebrochen werden, und kann möglicherweise statt nach N zu gehen, gerade nach O gelangen. Die Sonne wäre uns auf diese Weise schon sichtbar, obgleich sie sich in der That noch unter dem Horizonte befindet, oder, was dasselbe ist, noch unterhalb der horizontalen Linie OMV.

Fig. 138.



V. Da indessen der Strahl MO, welcher in unsre Augen gelangt, horizontal ist, so versetzen wir die Sonne in unserer Vorstellung in dieselbe Richtung, und bilden uns ein, sie sey in V, oder im Horizonte, obgleich sie in der That noch unterhalb desselben ist. Umgekehrt müssen wir also jedesmal, wenn wir die Sonne oder irgend ein Gestirn im Horizonte erblicken, uns denken, es befinde sich in der That unter demselben, und zwar um den Winkel SMV, von welchem die Astronomen gefunden haben, daß er ungefähr einen halben Grad, oder genauer 32 Minuten betrage.

VI. Morgens sehen wir also die Sonne schon ehe sie unsern Horizont erreicht, und wenn sie noch um einen Winkel von 32 Minuten unterhalb desselben sich befindet; Abends dagegen zeigt sie sich uns länger als nur bis zu ihrem wirklichen Untergange, weil wir sie noch sehen, bis sie sich 32 Minuten unter den Horizont gesenkt hat. Wenn die Sonne sich wirklich gerade im Horizonte befindet, so nennt man dieses den *wahren Auf- oder Untergang* der Sonne, die Zeit aber, wo sie Morgens anfängt, sichtbar zu werden, oder wo sie Abends verschwindet, heißt ihr *scheinbarer Auf- oder Untergang*.

VII. Diese Brechung der Atmosphäre, welche bewirkt, daß der scheinbare Aufgang der Sonne früher stattfindet, als der wahre, diese Brechung, sage ich, verschafft uns den Vortheil, daß wir uns längerer Tage zu erfreuen haben, als sie ohne diese Wirkung der Atmosphäre seyn würden. Wir haben daher hier die Erklärung einer sehr wichtigen Erscheinung.

Den 18. Mai 1762.

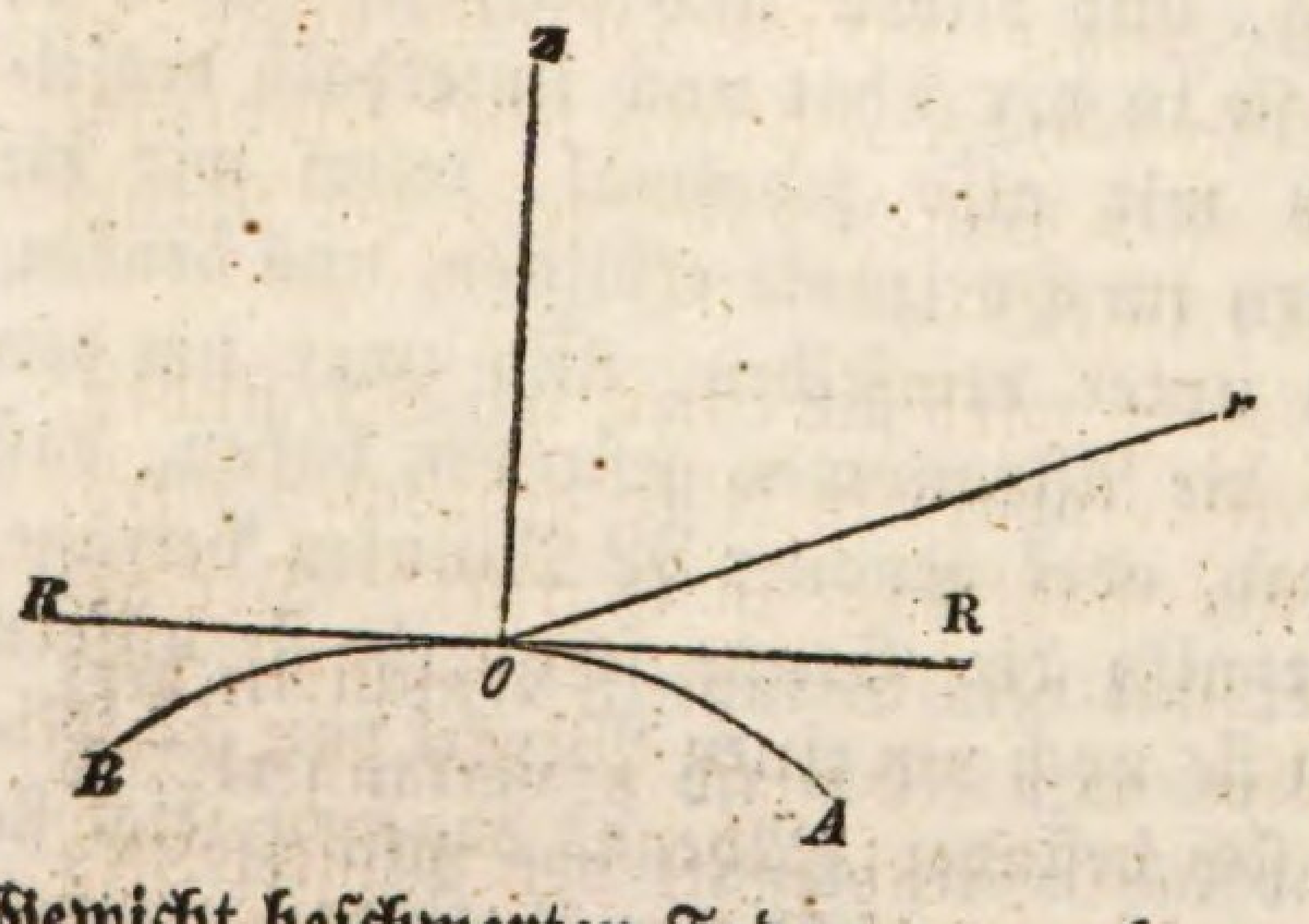
Einundneunzigster Brief.

Von der astronomischen Strahlenbrechung und der Tafel dafür.

Ew. H. haben soeben die seltsame Wirkung der Atmosphäre kennen gelernt, vermöge welcher wir die Sonne und alle Gestirne im Horizonte erblicken, wenn sie sich in der That unterhalb desselben befinden, und uns ohne die Brechung der Atmosphäre durchaus unsichtbar wären. Aus demselben Grunde erscheinen uns aber auch die Sonne und alle Sterne stets mehr über dem Horizonte erhöht, als sie es wirklich sind; in Folge dessen muß man sehr sorgfältig zwischen der scheinbaren Höhe eines Sternes und seiner wahren Höhe, in welcher er nämlich erscheinen würde, wenn es keine Atmosphäre gäbe, unterscheiden. Ich will dieses sogleich vollkommen deutlich machen.

I. Es sey der Bogen AOB (Fig. 139.) ein Theil der Erdoberfläche, O der Ort, wo wir uns befinden; man ziehe durch letztere die Berührende HOR an die Oberfläche der Erde, so wird diese Linie HOR uns den wahren Horizont von O angeben. Oder man errichte in O senkrecht die Gerade OZ, welches dieselbe ist, die durch einen aufgehängten und mit Gewicht beschwerten Faden angegeben wird; sie heißt die Vertikallinie von O, und der Punkt I des Himmels, nach welchem sie zielt, ist das Zenith. Diese Linie OZ aber ist senkrecht zur horizontalen HOR, so daß, wenn eine von ihnen gegeben ist, die andere leicht gefunden werden kann.

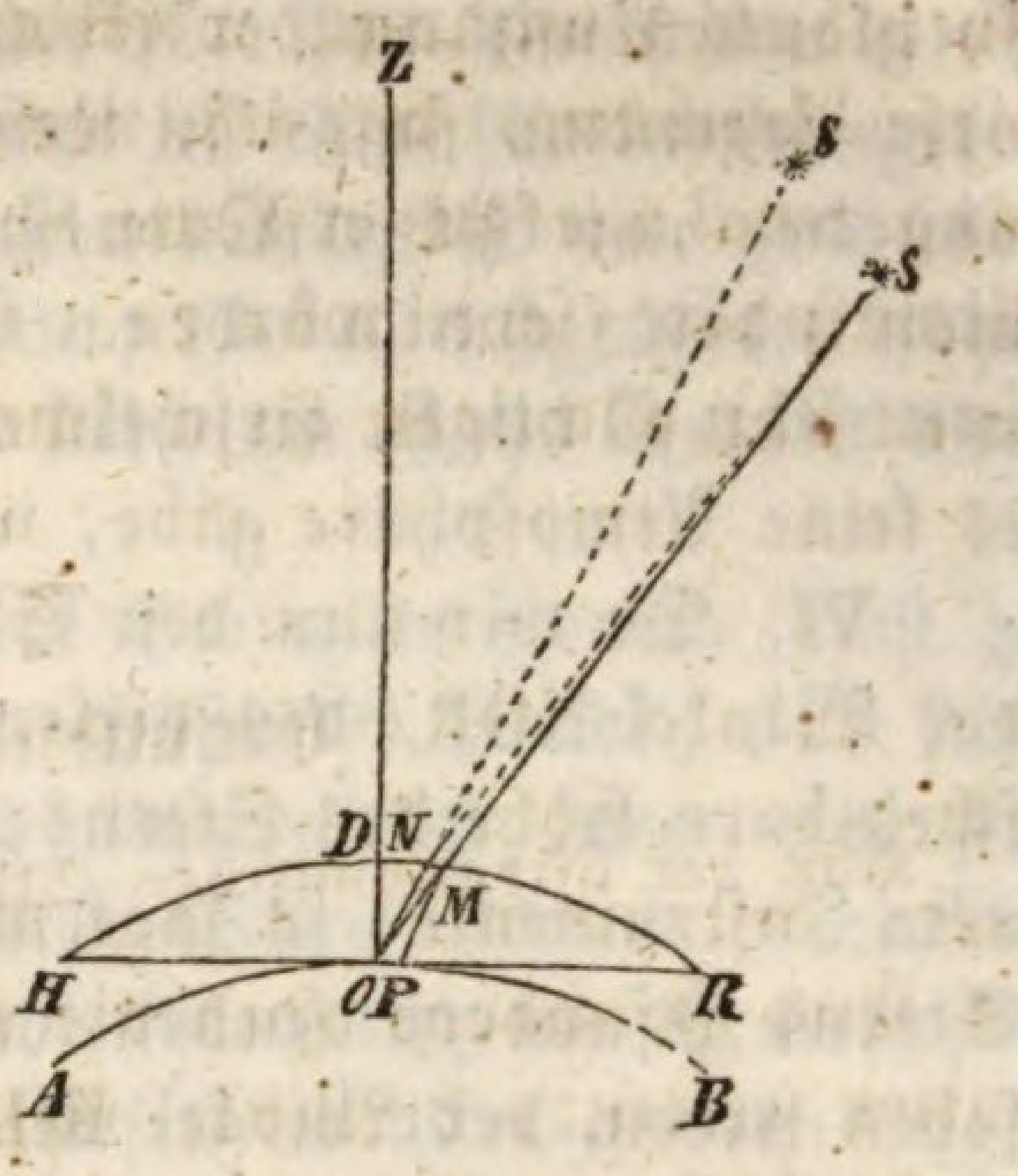
Fig. 139.



II. Dieses vorausgesetzt, so sey nun ein Stern in S (Fig. 140.); der von ihm ausgehende Strahl SMO würde in gerader Linie in das

Auge O gelangen, wenn die Atmosphäre nicht wäre, und wir sähen den Stern in derselben Richtung OMS, in welcher er sich wirklich befindet, oder wir sähen ihn an seinem wahren Orte. Mißt man nun den Winkel SOR, welchen der Strahl SO mit dem Horizonte OR macht, so heißt dieser Winkel die Höhe des Sterns, oder seine Erhebung über den Horizont. Oder man mißt den Winkel SOZ, welchen der Strahl SO mit der Vertikallinie OZ, die nach dem Zenithe gerichtet ist, macht; weil nun der Winkel ZOR ein Rechter ist, oder 90 Grade mißt, so hat man nur den Winkel SOZ von 90 Graden abzuziehen, um dem Winkel SOR zu erhalten, welcher die wahre Höhe des Sterns angibt.

Fig. 140.



III. Nehmen wir nun auch Rücksicht auf die Atmosphäre, und setzen wir voraus, sie sey durch den Bogen HDNMR begränzt, so ist zuerst zu erwähnen, daß der vorher genannte Strahl SM des Sterns, nachdem er bei M in die Atmosphäre eingetreten ist, nun seinen Weg in der Richtung nach dem Auge O nicht mehr verfolgen kann, sondern der Brechung wegen einen andern, wie MP, einschlagen muß und darum nicht mehr in unsere Augen gelangt, so, daß wenn der Stern nur den einzigen Strahl SM aussendete, er uns nun gänzlich unsichtbar seyn würde. Allein jeder leuchtende Punkt strahlt sein Licht nach allen Seiten aus, und der Raum rings um ihn ist von Strahlen erfüllt.

IV. Unter allen diesen Strahlen wird sich einer, wie SN, finden, der an der obern Gränze der Atmosphäre in N so gebrochen wird, daß seine Fortsetzung NO gerade das Auge in O trifft. Der gebrochene Strahl NO liegt daher mit dem Strahle SN nicht in derselben geraden Linie, und wenn man NO nach s verlängert, so wird die Verlängerung Ns mit dem Strahle NS den Winkel SNs machen, welcher eben das ist, was man die Strahlenbrechung nennt, und welcher um so größer wird, je spitziger der Winkel SNR ist, unter welchem der Strahl SN in die Atmosphäre eintritt, wie ich in meinem letzten Briefe bemerkt habe.

V. Das Bild des Sternes S wird also nun in unsern Augen durch den Strahl NO bewirkt, und dieser macht uns den Stern sichtbar; da wir aber diesen Strahl in der Richtung NO gerade so

erhalten, als wenn sich der Stern selbst in dieser Richtung befände, so glauben wir auch wirklich, er befinde sich in der Richtung NO, oder irgendwo in s in ihrer Verlängerung. Da nun der Ort s von dem wirklichen Orte S des Sterns verschieden ist, so nennt man s den scheinbaren Ort des Sterns, den man von seinem wahren Orte S, an welchem wir den Stern sehen würden, wenn es keine Atmosphäre gäbe, wohl unterscheiden muß.

VI. Da wir nun den Stern durch den Strahl NO sehen, so ist der Winkel NOR, den dieser Strahl mit dem Horizonte macht, die scheinbare Höhe des Sterns; mißt man denselben durch dazu geeignete Instrumente, so sagt man, man habe die scheinbare Höhe des Sterns gefunden, denn die wahre Höhe wäre, wie wir so eben gesehen haben, der Winkel ROS.

VII. Es geht hieraus hervor, daß die scheinbare Höhe RON größer ist, als die wahre ROM, so daß uns also die Sterne höher über dem Horizonte zu stehen scheinen, als es wirklich der Fall ist, und daß dieses aus demselben Grunde eintritt, nach welchem die Sterne schon im Horizonte erscheinen, wenn sie noch unterhalb desselben sind. Der Unterschied, um welchen die scheinbare Höhe die wahre übertrifft, ist der Winkel MON, und dieser ist nicht verschieden von SNs, welcher die Strahlenbrechung genannt wird. Obwohl nämlich der Winkel SNs, als äußerer am Dreieck SNO, gleich ist den beiden innern ihm gegenüberstehenden, SON und NSO zusammengenommen, so sind doch, wegen der unendlichen Entfernung der Sterne, die Linien OS und NS als parallel anzusehen, und der Winkel OSN wird also verschwindend klein, so daß der Winkel SON nahezu dem Winkel der Strahlenbrechung SNs gleich ist.

VIII. Wenn man daher die scheinbare Höhe eines Sternes gefunden hat, so muß man von ihr die Strahlenbrechung abziehen, um die wahre Höhe zu erhalten, welche auf keine andere Weise gefunden werden kann. Deßwegen haben sich die Astronomen sehr viele Mühe gegeben, um die Größe der Strahlenbrechung kennen zu lernen, die man von jeder scheinbaren Höhe abziehen muß, oder um welche man den scheinbaren Ort eines Sternes herunter rücken muß, um seinen wahren Ort zu erhalten.

IX. Durch eine lange Reihe von Beobachtungen ist es ihnen endlich gelungen, eine Tafel zu machen, welche die Tafel der astronomischen Strahlenbrechung heißt, und für jede scheinbare Höhe die Strahlenbrechung oder den Winkel angibt, den man von ihr abziehen muß. So ist z. B., wenn die scheinbare Höhe Null ist, oder der Stern im Horizonte erscheint, die

Strahlenbrechung 32 Minuten, um die man also den Stern unter den Horizont erniedrigen muß. Wenn aber der Stern nur wenig über den Horizont erhaben ist, so wird die Strahlenbrechung viel geringer; in einer Höhe von 15 Graden beträgt sie nur noch vier, bei 40 Graden nur noch eine Minute; für noch größere Höhen wird sie noch kleiner, bis sie endlich bei einer Höhe von 90 Graden gänzlich verschwindet.

X. Die Letztere tritt ein, wenn der Stern im Zenith selbst gesehen wird, denn dann beträgt seine Höhe 90 Grade, und seine scheinbare und wahre Höhe sind einander gleich; oder wir sind versichert, daß ein im Zenith gesehener Stern sich auch wirklich daselbst befindet, und daß die Strahlenbrechung der Atmosphäre seine Stellung nicht verrückt, wie dieses in allen andern Lagen der Fall ist.

Den … Mai 1762.

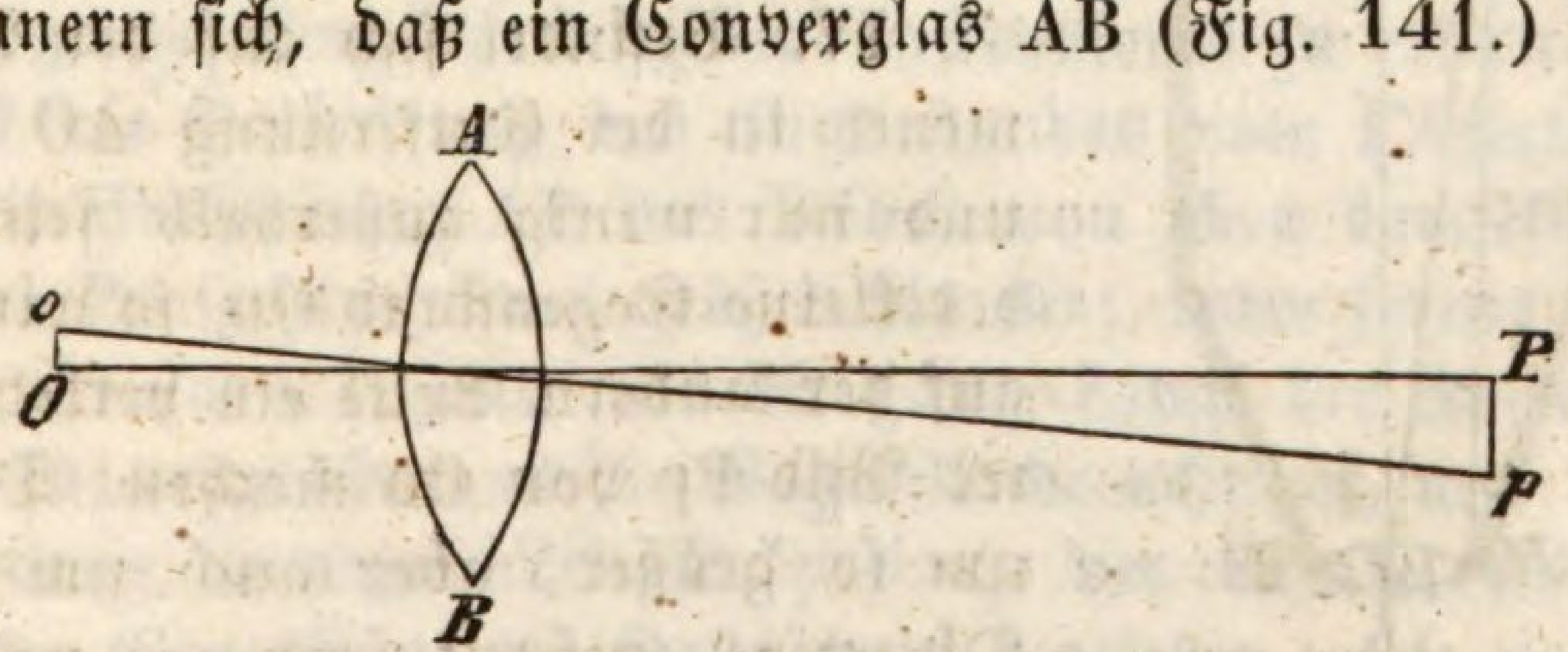
Zweiundneunzigster Brief[1].

Von den zusammengesetzten Mikroskopen.

Nachdem ich nun die dioptrischen Fernröhren und einige unmittelbar an die Betrachtung der Himmelskörper durch dieselben sich anschließende Erscheinungen ausführlich behandelt habe, will ich meinem frühern Versprechen nachkommen und Ihnen das Wesentlichste von den zusammengesetzten Mikroskopen und den Spiegelteleskopen vortragen. In dem gegenwärtigen Brief werde ich mir die Ehre geben, die Mikroskope zu erläutern.

I. Sie erinnern sich, daß ein Converglas AB (Fig. 141.) von

Fig. 141.



[1] Die folgenden drei Briefe sind nicht mehr von Euler und werden als Supplement nur deßwegen sogleich hier beigegeben, weil sie sich unmittelbar an die vorhergehenden Briefe anschließen, und Euler die Behandlung dieser Gegenstände bereits in den Briefen 64 und 75 dieses Theiles versprochen hat; sie enthalten daher auch in der Hauptsache keine erst seit Euler gemachten Entdeckungen, und wurden so zu halten gesucht, daß sie eine unmittelbare Fortsetzung der Euler'schen Briefe seyn möchten.

jedem Gegenstande Oo, welcher weiter von demselben entfernt ist, als der Brennpunkt F, irgendwo in Pp ein verkehrtes Bild des Gegenstandes hervorbringt. Dieses Bild ist um so weiter von dem Glase entfernt und zugleich um so größer, je näher der Gegenstand sich am Brennpunkte F befindet.

Fig. 142.

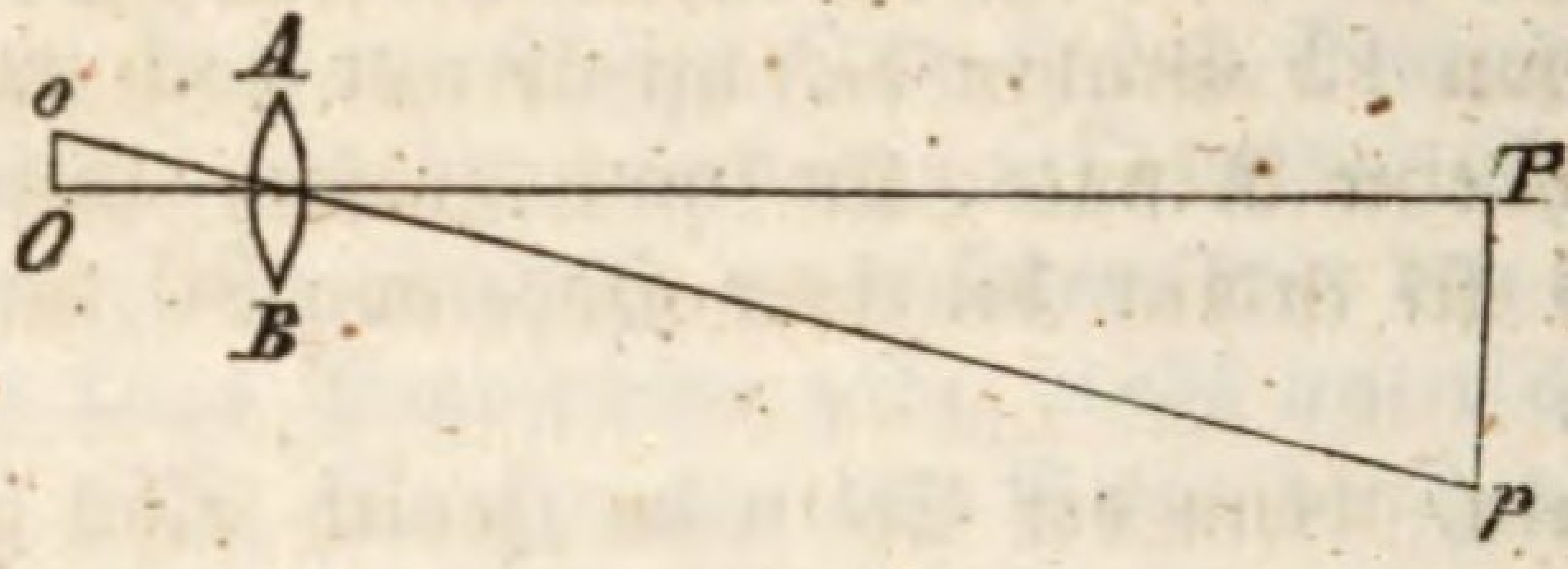
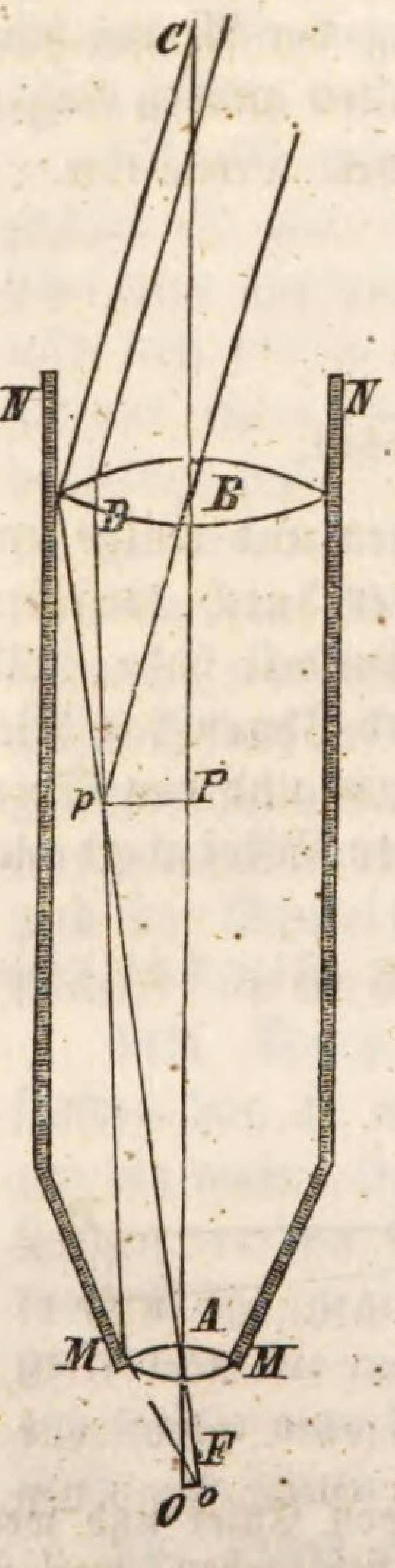


Fig. 143.



II. Je kleiner die Brennweite des Converglases ist, desto näher kann daher der Gegenstand an dasselbe gebracht werden und desto mehr wird sein Bild vergrößert erscheinen, ohne daß es weiter von dem Glase entfernt ist, wie aus Fig. 142. erhellet, wenn man sie mit der vorhergehenden vergleicht; indem überhaupt das Bild so vielmal größer wird als der Gegenstand, je mehrmal seine Entfernung die Entfernung des letztern vom Glase übertrifft.

III. Dieses vorausgesetzt, so besteht nun die Einrichtung der zusammengesetzten Mikroskope in Folgendem: In der Röhre MM NN (Fig. 143.) befinden sich die zwei Convergläser A, B, wovon A dem Gegenstande zugekehrt ist, und eine sehr kurze Brennweite hat; A heißt auch hier das Objectiv, B das Ocular.

IV. Befindet sich auf der Axe des Instruments in der Entfernung AO vom Objective und nur wenig außerhalb seiner Brennweite der kleine Gegenstand Oo, so wird das Objectiv auf der andern Seite ein verkehrtes vergrößertes Bild Pp von Oo machen. Dieses Bild wird um so größer, aber auch um so weiter vom Objective entfernt seyn, je näher Oo an den Brennpunkt F des Glases A gerückt wird. Das Ocular B wird so gestellt, daß es gerade um seine Brennweite von dem Bilde Pp absteht. Dieses Bild nun vertritt für das Ocular, wie beim astronomischen Fernrohre, die Stelle eines Gegenstandes, und alle seine Strahlen werden von dem Oculare so gebrochen, daß die von einem Punkte des Bildes, wie p, ausgegangenen Strahlen pB, pD nach der Brechung unter sich

parallel sind und also die für das deutliche Sehen bei einem gesunden Auge erforderliche Richtung haben.

V. Das Auge wird demnach den Gegenstand in sehr großer Entfernung und vergrößert zu sehen glauben, und er wird demselben verkehrt erscheinen, weil auch das Bild Pp ein verkehrtes ist.

VI. Alle von dem Punkte o des Gegenstandes ausgegangenen Strahlen, von welchen zwei oA und oM in der Figur ausgezogen sind, vereinigen sich in p und setzten dann, nachdem sie sich hier durchkreuzt haben, ihren Weg zum Oculare B fort. Der ungebrochen durch die Mitte des Objectivs gegangene Hauptstrahl oApD wird sodann von dem Oculare so gebrochen, daß er mit einem von p aus ungebrochen durch die Mitte des Oculars gehenden Strahle pB parallel wird. Er muß also die Axe des Instruments irgendwo, in C, schneiden, und dieser Punkt wird der vortheilhafteste für die Stellung des Auges seyn; denn hier wird das Auge von allen Punkten des Gegenstandes Strahlen erhalten und ihn also ganz übersehen, wenn auch die Oeffnung des Objectivs noch so klein wäre.

VII. Um die Vergrößerung eines solchen Instrumentes zu beurtheilen, mögen Sie sich erinnern, daß ein so kleiner Gegenstand sich in der Entfernung von 8 Zoll vom Auge befinden müßte, wenn er deutlich gesehen werden sollte. Nun ist aber das Bild Pp so vielmal größer als Oo, als OA größer ist als AP; da ferner Pp, wie wenn es ein wirklicher Gegenstand wäre, durch das Ocular vergrößert wird, ein Converglas aber die Gegenstände so vielmal vergrößert, als seine Brennweite in 8 Zoll enthalten ist, so hat man nur jene erste Vergrößerung mit dieser zweiten zu multipliciren, um die ganze Vergrößerung des Instruments zu erhalten. Wäre z. B. AO die Entfernung des Gegenstandes vom Objective $1/2$ Zoll und die Entfernung AP des Bildes von eben demselben 8 Zoll, so wäre Pp sechszehnmal größer als Oo; wäre ferner die Brennweite des Oculars 1 Zoll, also die ganze Länge des Instruments 9 Zoll, so vergrößert es die Gegenstände achtmal, und die ganze Vergrößerung betrüge 128 Mal; d. h. der Winkel DCB, unter welchem der Gegenstand im Instrumente gesehen wird, wäre 128 Mal größer als jener, unter welchem der Gegenstand dem freien Auge erscheint.

VIII. Sie ersehen hieraus zunächst, daß bei einem solchen Instrumente sehr verschiedene Vergrößerungen mit denselben Gläsern erhalten werden können, wenn man nur die Länge der Röhre vergrößert. Es tritt aber hiebei der Nachtheil ein, daß das Sehfeld des Instrumentes kleiner wird, weil dann der Strahl OAp, der

vom äußersten Punkte des Gegenstandes ungebrochen durch das Objectiv geht, das Ocular nicht mehr erreichen kann.

IX. Wollte man ein einfaches Mikroskop von gleicher Vergrößerung machen, so müßte seine Brennweite so viele Linien betragen, als 128 in 96 Linien (8 Zoll) enthalten ist, d. h. $^3/_4$ Linien. Sie begreifen nun wohl, daß einem so kleinen Glase all die Nachtheile in schon beträchtlichem Grade zukommen müßten, welche ich früher von den stark vergrößernden einfachen Mikroskopen aufzuzählen die Ehre hatte. Es wird nämlich nur sehr wenig Licht durchgelassen, der Gegenstand wird sehr nahe an dasselbe gebracht werden müssen, und wenn seine hervorragenden Theile die rechte Stellung haben, wird dieses für die weiter abstehenden nicht der Fall seyn.

X. Alle diese Umstände sind aber für unser Objectiv in viel kleinerem Maaße vorhanden. Denn erstens würde es für die oben angeführten Maaße eine Brennweite von beinahe einem halben Zoll haben müssen, und könnte daher noch eine ziemlich beträchtliche Oeffnung erhalten. Der Gegenstand wäre zweitens um einen halben Zoll vom Glase entfernt, also bequemer zu befestigen, und es könnte auch noch Licht von Oben auf denselben fallen, so daß man selbst undurchsichtige Gegenstände so vielmal vergrößern könnte, was bei einfachen Mikroskopen gar nicht möglich ist. Drittens endlich wäre der Unterschied in der Entfernung der tiefern und erhabenen Stellen des Gegenstandes nicht so leicht zu bemerken, und man würde also denselben besser übersehen.

Dreiundneunzigster Brief.

Von den Fehlern der zusammengesetzten Mikroskope, und den Mitteln, ihnen abzuhelfen.

Aus Dem, was ich in meinem vorhergehenden Briefe über die Einrichtung der zusammengesetzten Mikroskope mitzutheilen die Ehre hatte, werden Sie von selbst entnehmen, daß dieselben die größte Uebereinstimmung mit den astronomischen Fernröhren haben, und daraus schließen, daß sie auch denselben Mängeln unterworfen seyn werden. Ich will nun die hauptsächlichsten dieser Mängel erläutern und zugleich angeben, wie denselben abgeholfen wird.

Das Bild, welches von dem Objective gemacht wird, muß sowohl durch die Abweichung wegen der Kugelgestalt, als durch die

Farbenzerstreuung undeutlich werden. Diese Undeutlichkeit wird in demselben Maaße vermehrt, als das Ocular vergrößert und solche Instrumente ertragen daher keine stark vergrößernden Oculare. Man half diesem Fehler früher dadurch ziemlich ab, daß man die Oeffnung des Objectivs klein machte, um die Randstrahlen abzuhalten, und für das Ocular zwei Gläser nahm, deren Krümmungen so ausgewählt wurden, daß die Gränzlinie der farbigen Bilder nach der Stelle des Auges gerichtet war, wie dieses im 76. Briefe erläutert ist.

II. Mit dieser Einrichtung mußte man sich noch lange begnügen, selbst nachdem man schon durch Dollond gelernt hatte, dem Fehler der Farbenzerstreuung durch zusammengesetzte — achromatische — Objective bei den Fernröhren abzuhelfen; weil es sehr schwer war, so kleinen Gläsern die erforderlichen genauen Krümmungen zu geben, und noch schwerer, wenn die Krümmungen zugleich so beschaffen seyn sollten, daß dadurch auch die Abweichung wegen der Kugelgestalt beseitigt wird. In der neuern Zeit ist es gelungen, diese Schwierigkeiten zu überwinden, und man macht jetzt Mikroskope mit achromatischen Objectiven. Die Abweichung wegen der Kugelgestalt wird zum größten Theile dadurch beseitigt, daß man zwei oder drei achromatische Objective zu einem verbindet, wodurch man im Stande ist, denselben eine größere Oeffnung zu geben, und dadurch dem Lichtmangel abzuhelfen, an welchem diese Instrumente vorher in hohem Grade gelitten haben. Diese Einrichtung hat jedoch den Fehler, daß man den Gegenstand sehr nahe an das Objectiv bringen muß, und ist daher nur bei sehr kleinen und durchsichtigen Gegenständen von ausgezeichnetem Vortheile.

Die genannten Fehler finden sich ebenso auch am Oculare, nur werden sie an ihm, wie beim Fernrohre, weniger fühlbar. Wenn aber die Vergrößerung sehr stark werden soll, tritt dieser Uebelstand auch beim Oculare stärker hervor, und man wendet daher in solchen Fällen mitunter auch achromatische Oculare an.

Gewöhnlich kann man an dieselbe Röhre verschiedene Oculare und Objective anstecken und die Vergrößerung nach Bedürfniß auswählen. Für ganz schwache Vergrößerungen aber werden einfache Mikroskope einen bessern Dienst leisten, da auch bei der sorgfältigsten Bearbeitung an so vielen Gläsern immer kleine Fehler vorkommen, und keines alles Licht durchläßt, welches es empfängt.

Daß die Röhren dieser Mikroskope innen sorgfältig geschwärzt seyn, und an der Stelle, wo das Bild des Gegenstandes entsteht,

eine entsprechende Blendung haben müssen, braucht nur erwähnt zu werden, da es aus denselben Gründen nöthig ist, welche bei den Fernröhren ausführlich angegeben wurden.

Vierundneunzigster Brief.

Von den Spiegelteleskopen.

Nachdem Newton erkannt hatte, daß die Farbenzerstreuung der Objective ein viel bedeutenderer Fehler sey, als die Abweichung wegen der Kugelgestalt, glaubte er, verleitet durch die Resultate einiger Versuche, sich zu der Annahme berechtigt, es werde sich dem Fehler der Farbenzerstreuung durchaus nicht abhelfen lassen. Dieses veranlaßte ihn statt der Gläser Spiegel anzuwenden, wie schon andere vor ihm vorgeschlagen hatten. Obgleich nun die Erfolge, welche er selbst erreichte, nicht gerade bedeutend waren, so gelang es doch später, nach seiner Constructionsweise Instrumente von ausgezeichneter Wirkung zu bauen, und bis in die neuern Zeiten hin waren dieselben vorzugsweise bei den Astronomen im Gebrauche. Erst seitdem es gelang, achromatische Objective von bedeutender Oeffnung zu verfertigen, sind dieselben von den Sternwarten verschwunden.

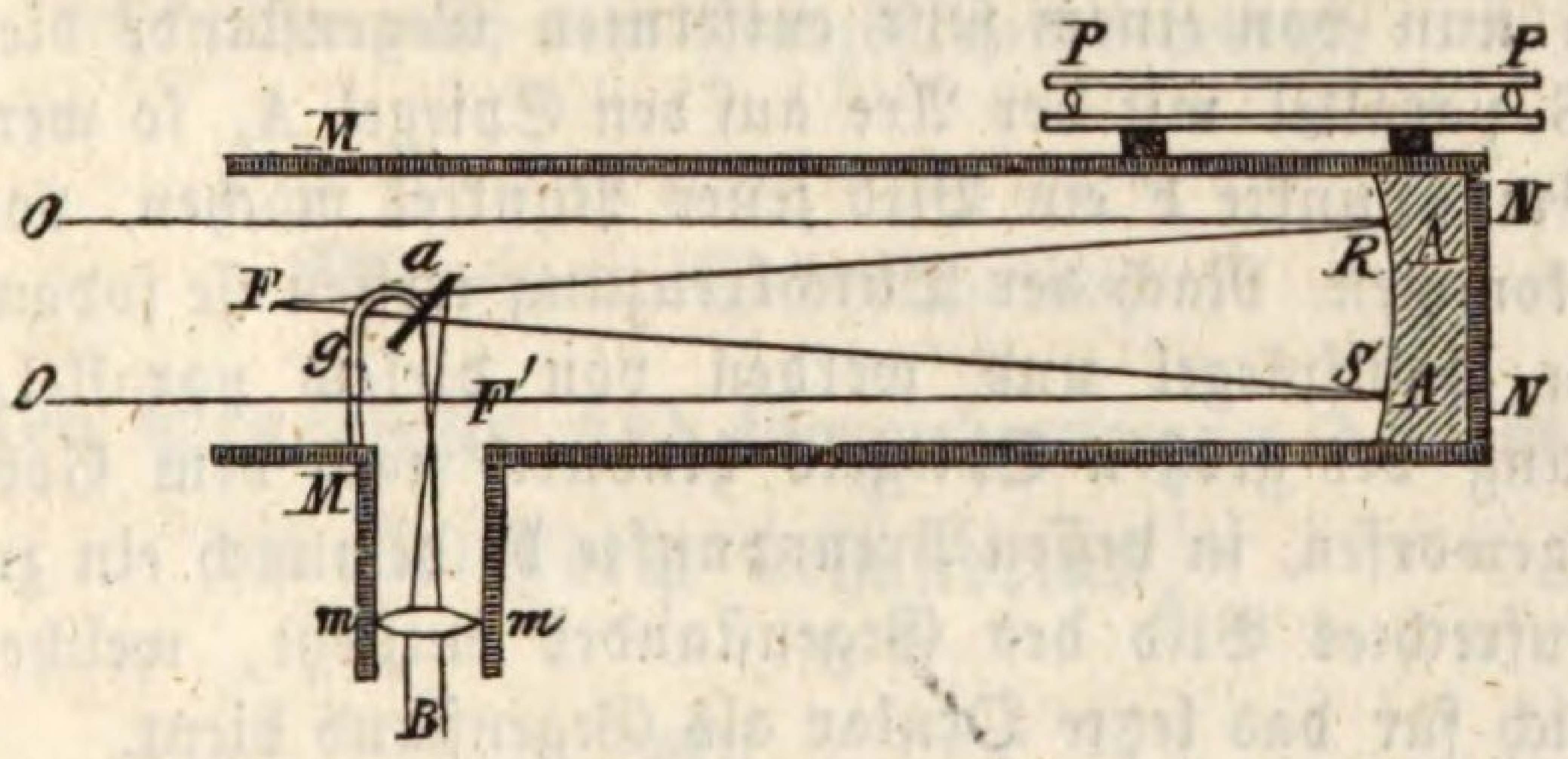
Die ganze Einrichtung der Newton'schen Spiegelteleskope machte dieselben, wie Sie sehen werden, für irdische Gegenstände unbrauchbar, ganz abgesehen davon, daß dieselben die Gegenstände verkehrt zeigen. Als terrestrisches Spiegelteleskop war die Einrichtung von Gregory vorzuziehen, die ich nachher zu erklären die Ehre haben werde. Da aber diese Instrumente überhaupt außer Gebrauch gekommen sind, so wird es genügen, Ihnen ihre Einrichtung und Wirkung nur im Allgemeinen auseinanderzusetzen, ohne mich auf die Ausmessung des Sehfeldes und der Vergrößerung, so wie auf andere Einzelnheiten einzulassen.

In dem 38. Briefe des ersten Theiles wurden bereits die Erscheinungen der Hohlspiegel erklärt und dort gezeigt: 1) daß wenn vor einem Hohlspiegel in unendlicher Entfernung ein Gegenstand sich befinde, von diesem Gegenstande in der Brennweite des Spiegels, welche dem halben Halbmesser gleich ist, ein verkehrtes verkleinertes Bild entstehe; 2) daß sich dieses Bild um so weiter vom Spiegel entferne, je näher der Gegenstand zum Bilde komme; 3) daß Bild und Gegenstand gleich weit vom Spiegel abstehen und gleich groß seyen, wenn sich der Gegenstand im Mittelpunkte

der Kugel befinde, von der der Spiegel ein Theil ist; 4) daß sich das Bild noch mehr entferne und vergrößere, wenn der Gegenstand noch näher an den Spiegel rücke; 5) daß gar kein Bild entstehe, wenn sich der Gegenstand im Brennpunkte befinde, sondern alle von einem Punkte des Gegenstandes ausgegangenen Strahlen unter sich parallel werden; 6) daß endlich, wenn der Gegenstand noch näher an den Spiegel rückt, von ihm hinter demselben ein aufrechtes und vergrößertes, aber ein imaginäres Bild entstehe, während die vorher erwähnten Bilder wirkliche sind. Dieses vorausgesetzt, so besteht die Einrichtung der Newton'schen Spiegelteleskope in Folgendem.

Im Grunde der weiten bei NN (Fig. 144.) verschlossenen

Fig. 144.



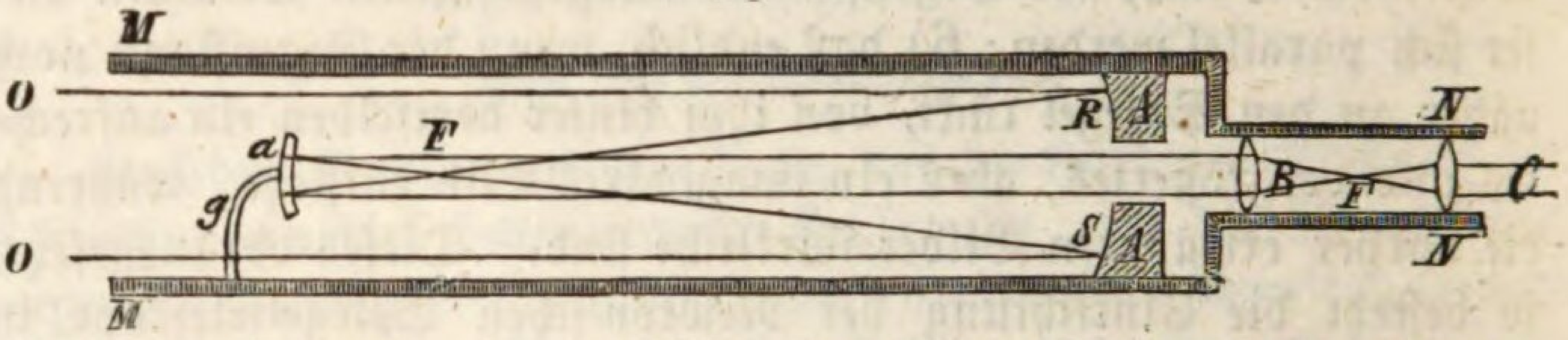
Röhre MM NN befindet sich der Hohlspiegel A; auf der Axe des Instruments befinde sich ein sehr weit entfernter Gegenstand, so würden sich die von einem Punkte desselben ausgezogenen Strahlen OR, OS in der Brennweite F des Spiegels vereinigen, und dort ein verkehrtes Bild des Gegenstandes machen. Bevor sie jedoch den Punkt F erreichen können, treffen sie den kleinen ebenen an dem Stäbchen g unter einem Winkel von 45° gegen die Axe befestigten Spiegel a, werden von diesem zurückgeworfen und vereinigen sich in F', wo sie ein liegendes Bild des Gegenstandes machen. Seitwärts an der Röhre MM NN ist nun die kleine Röhre mm mit dem Oculare B so befestigt, daß das Bild F' in dem Brennpunkte des Oculars liegt.

Sie ersehen hieraus, daß ein solches Spiegelteleskop in der Hauptsache wie ein astronomisches Fernrohr wirkt. Diese Instrumente ertragen bei mäßiger Länge eine starke Vergrößerung, haben aber doch nur geringe Helligkeit. Weil dieselben nicht unmittelbar nach den Gegenständen gerichtet werden können, so befestigt man ein kleines schwach vergrößerndes dioptrisches Fernrohr PP so

außerhalb an das Rohr des Teleskops, daß die Axen beider Instrumente parallel sind; dieses kleine Fernrohr heißt der Sucher.

Das Spiegelteleskop von Gregory ist folgendermaßen beschaffen. In der Röhre MMNN (Fig. 145.) befindet sich ein großer

Fig. 145.



Hohlspiegel A, der in der Mitte durchbohrt ist, und ein kleinerer a an dem Stäbchen g, so daß beide die Axe gemeinschaftlich haben und um die Summe ihrer Brennweiten von einander entfernt sind. Fallen nun von einem sehr entfernten Gegenstande die Strahlen OR OS parallel mit der Axe auf den Spiegel A, so werden sie in dem Brennpunkte F ein Bild jenes Punktes machen, von welchem sie herkommen. Nach der Durchkreuzung treffen sie sodann auf den kleinen Hohlspiegel und werden von diesem parallel durch die Oeffnung des großen Spiegels hindurch nach dem Converglas B zurückgeworfen, in dessen Brennpunkte F' demnach ein zweites und nun aufrechtes Bild des Gegenstandes entsteht, welches wie gewöhnlich für das letzte Ocular als Gegenstand dient.

Sie erkennen von selbst die Aehnlichkeit dieses Instrumentes mit dem früher beschriebenen Erdfernrohre; es zeigt wie dieses die Gegenstände aufrecht und ist bequemer nach irdischen Gegenständen zu richten, als das Newton'sche. Man verfertigte darum früher viele solche Fernröhren, und selbst ziemlich kurze. Außerdem aber, daß sie eine durchweg sehr weite Röhre erfordern und der Metallspiegel wegen sehr schwer sind, haben sie auch noch den Nachtheil mit allen Spiegelteleskopen gemein, daß die Spiegel leicht ihre Politur verlieren, was bei Gläsern nicht der Fall ist. Seit daher Dollond die achromatischen Fernröhren erfunden hat, sind diese Gregory'schen Teleskope ganz außer Gebrauch gekommen.

Ende des zweiten Theils.

Leonhard Euler's

Briefe an eine deutsche Prinzessin

über verschiedene Gegenstände

der

Physik und Philosophie.

Auf's Neue nach dem Französischen bearbeitet.

Mit einem Supplemente,

die neuesten Ergebnisse und Bereicherungen der Physik in Briefform behandelnd,

von

Dr. Joh. Müller,

Professor der Physik und Technologie an der Universität zu Freiburg im Breisgau.

In drei Theilen.

Zweiter Theil.

Stuttgart.

J. B. Müller's Verlagsbuchhandlung.

1847.

Gedruckt bei Blum und Vogel in Stuttgart.

Einleitung in die Physik.

Von

Leonhard Euler und Prof. Dr. Joh. Müller.

Dritter (ergänzender) Theil.

Im selben Verlage sind ferner erschienen:

Praktische Lehrbücher

der

gemeinnützigsten Wissenschaften

zur Selbstbelehrung und Fortbildung

für

Leser aller Stände:

Populäre Anatomie und Physiologie des Menschen, oder der menschliche Körper nach seinem Bau und seinen Verrichtungen gemeinfaßlich dargestellt von Dr. C. A. Quitzmann. Zweite, mit Holzschnitten und erklärendem Texte vermehrte Auflage. 21 Sgr.

Astronomie, von Dr. Moriz A. Stern, Privatdocent in Göttingen. 8. geh. Zweite vermehrte Ausgabe. 21 Sgr.

Mineralogie, von Geh.-Rath Prof. Dr. Karl Cäsar v. Leonhard in Heidelberg. 8. geh. Zweite verbesserte Ausgabe. 21 Sgr.

Geologie und Geognosie, von demselben.

Erdkunde, illustrirte, von Prof. Dr. Fr. W. Hoffmann. Thlr. 1. —

Mechanik und Maschinenlehre, von Prof. Dr. Karl Holtzmann. 8. geh. 18 Sgr.

Unter der Presse befinden sich:

Pflanzenkunde, in zwei Theilen: I. Allgemeine. II. Specielle; von Prof. Dr. M. Seubert in Carlsruhe.

Chemie, organische, von Prof. Dr. Georg Blumenbach. 8. geh.

Zootomie und Zoophysiologie, von Prof. Dr. A. A. Berthold in Göttingen.

Naturgeschichte des Thierreichs, von demselben. 2 Theile.

Länder-, Völker- und Staatenkunde, oder allgemeine und malerische Erdbeschreibung von Prof. Dr. Meinicke.

Technologie, von Prof. Dr. Reuff.

Naturlehre, von Prof. Dr. Karl Holtzmann.

Praktische Mathematik oder Arithmetik, Geometrie, Stereometrie und Trigonometrie nach den Bedürfnissen des bürgerlichen und praktischen Lebens.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Euler, Leonhard,

Einleitung in die Physik Unter Zugrundlegung von Leonhard Euler's 'Briefen aneine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände der Physik' bearbeitet. Mit e. Suppl. über d. Neuesten Ergebnisse u. Bereicherungen d. Physik v. Joh[ann] Müller
Bd.: 3

Stuttgart 1848

Phys.g. 627 e-3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10132395-4